E 63/25
Org. 2

63/25

УЧЕБНОЕ ПОСОБІЕ

ПО ПРЕДМЕТУ

НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗІИ.

ОТДѢЛЪ II.

СОСТАВЛЕННЫЙ, ДЛЯ ВОСПИТАННИКОВЪ МЕЖЕВЫХЪ УЧЕБНЫХЪ ЗАВЕДЕНІЙ, ПРЕПОДАВАТЕЛЕМЪ ГЕОДЕЗІИ ВЪ КОНСТАНТИНОВСКОМЪ МЕЖЕВОМЪ ИНСТИТУТѢ

МЕЖЕВЫМЪ ИНЖЕНЕРОМЪ КОЛЛЕЖСКИМЪ СОВѢТНИКОМЪ

В. ЛАРІОНОВЫМЪ.

МОСКВА.

ТИПОГРАФІЯ Т. РИСЪ, У МЯСНИЦКИХЪ ВОРОТЪ, Д. ВОЕЙКОВА.

1869.

2007098235

ЕГО ПРЕВОСХОДИТЕЛЬСТВУ

УПРАВЛЯЮЩЕМУ МЕЖЕВЫМЪ КОРПУСОМЪ, ПОПЕЧИТЕЛЮ КОНСТАНТИНОВСКАГО МЕЖЕВАГО ИНСТИТУТА, СЕНАТОРУ

ИВАНУ МИХАЙЛОВИЧУ

ГЕДЕОНОВУ.

Съ глубокимъ уваженіемъ, посвящаетъ трудъ свой авторъ.

ОТДѢЛЪ II.

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА.

ГЛАВА XVIII.

§ 98. Предварительныя понятія.

Топографическая съемка имѣетъ цѣлію, кромѣ горизонтальнаго очертанія контуръ мѣстности, выражать на планахъ характеръ мѣстности, т. е. всѣ неровности снимаемой части твердой поверхности земнаго шара. Но такъ какъ этого можно достигнуть только черезъ опредѣленіе относительныхъ высотъ разныхъ точекъ снимаемой поверхности, то поэтому и разсмотримъ какими способами можно дѣлать таковыя опредѣленія.

Относительными высотами точекъ земной поверхности принято называть разность разстояній этихъ точекъ отъ центра земли.

Опредѣленіе относительныхъ высотъ точекъ можетъ быть произведено: или помощію особыхъ способовъ, называемыхъ нивеллированіемъ, или помощію мензулы и кипрегеля; но прежде, нежели приступимъ къ изложенію пріемовъ для опредѣленія высотъ этихъ точекъ, разсмотримъ слѣдующее:

Пусть (чер. 252) A и B будутъ данныя точки земной поверхности, чрезъ которыя проведены сферы, имѣющія центръ въ центрѣ земли, т. е. въ точкѣ M, тогда всѣ точки лежащія на одной и той же сферѣ, называются точками одного уровня. Если чрезъ точки A, B и M вообразить плоскость, то сферы, пересѣкая эту плоскость, изобразятъ на ней дуги большихъ круговъ, которыя называются линіями одного уровня.

БИБЛІОТЕКА М.П.М.

Изъ чертежа видимъ, что линія AD, т. е. часть земнаго радіуса, измѣряетъ разстояніе между уровнями точекъ A и B;слѣдовательно длина AD равная BF выразитъ разность радіусовъ проведенныхъ въ данныя точки и стало быть она будетъ выражать вертикальную (или относительную) высоту точки A надъ B. И такъ цѣль нивеллированія состоитъ въ опредѣленіи величины линіи BF, или въ опредѣленіи разности уровней данныхъ точекъ.

Для опредѣленія разности уровней данныхъ точекъ, помощію нивеллированія имѣются три способа и потому нивеллированіе подраздѣляютъ на слѣдующіе три отдѣла.

1) Нивеллированіе топографическое.

Оно состоитъ въ томъ, что разность уровней данныхъ точекъ, или линія BF измѣряется непосредственно.

2) Нивеллированіе геодезическое.

При этомъ нивеллированіи разность уровней данныхъ точекъ опредѣляется черезъ вычисленіе по измѣренному зенитному разстоянію одной изъ данныхъ точекъ, или по зенитнымъ разстояніямъ обѣихъ данныхъ точекъ, и по найденной, чрезъ геодезическія дѣйствія, длинѣ дуги, проходящей черезъ нижнюю данную точку.

3) Нивеллированіе барометрическое.

При этомъ способѣ нивеллированія разность уровней данныхъ точекъ опредѣляется черезъ вычисленіе изъ наблюденій надъ высотами ртутныхъ столбовъ барометровъ помѣщенныхъ въ въ данныхъ точкахъ.

Примѣчаніе. Нивеллированіе топографическое преимущественно употребляется при съемкахъ хозяйственныхъ. Нивеллированіе геодезическое производится въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ нивеллированіе растянуто на большія разстоянія и гдѣ требуется слишкомъ строгая точность въ опредѣленіи разности уровней крайнихъ точекъ, такъ напримѣръ: при опредѣленіи разности уровней точекъ тригонометрической сѣти, морей, озеръ и т. п.; а также и при измѣреніи слишкомъ значитель-

ныхъ высотъ. Нивеллированіе барометрическое производится: или при опредѣленіи высотъ точекъ земной поверхности надъ уровнемъ моря; или при измѣреніи высотъ такихъ горъ, гдѣ не возможно произвести ни топографическое, ни геодезическое нивеллированіе и притомъ требуется ограничиться приближенными результатами.

§ 99. Опредѣленіе величины поправки отъ шарообразнаго вида земли и рефракціи.

Топографическое нивеллированіе имѣетъ цѣлію непосредственное измѣреніе той части земнаго радіуса, которая опредѣляетъ разность уровней данныхъ точекъ земной поверхности.

Часть земнаго радіуса, опредѣляющая разность уровней двухъ точекъ земной поверхности, заключена между двумя дугами большихъ круговъ, изъ которыхъ одна дуга проходитъ черезъ низшую данную точку B (чер. 252); стало быть задача состоитъ въ томъ, чтобы найдти способъ опредѣлить точку F, лежащую въ одномъ уровнѣ съ другою данною точкою A.

Въ природѣ нѣтъ возможности провести такую дугу, которая сливалась бы съ дугою большаго круга; поэтому геодезисты воспользовались линіею горизонтальною, руководствуясь слѣдующими соображеніями: такъ какъ горизонтальная линія перпендикулярна къ концу земнаго радіуса, то проведя ее изъ высшей точки A, она будетъ касательною линіею къ дугѣ AF и очевидно, что она пойдетъ выше точки F. Если вообразимъ радіусъ MB продолженнымъ, что весьма легко сдѣлать, стоитъ только поставить въ точку B отвѣсно колъ, на которомъ мы и замѣтимъ точку K пересѣченіе кола съ горизонтальною линіею, стало быть величина кола BK не выразитъ разности уровней данныхъ точекъ; но если отъ длины KB отнять величину KF, называемую поправкою отъ сферическаго вида земли, то тогда получимъ длину BF, которая и будетъ разность уровней данныхъ точекъ. И такъ вся задача состоитъ теперь въ томъ, чтобы опредѣлить длину KF, а это весьма легко сдѣлать потому, что KF есть внѣшняя часть сѣкущей, а AK касательная; но мы знаемъ, что касательная линія есть средняя пропорціональная величина между всею сѣкущею и внѣш-

нею ея частію; стало быть можно составить такую пропорцію (2 FM+KF) : AK = AK : KF. Обозначивъ для краткости AK черезъ h, FM черезъ R и KF черезъ m, получимъ (2 R+m): h=h : m, откуда 2 R. m+m^2=h^2; а отсюда

$$m=\frac{h^2-m^2}{2R}=\frac{h^2}{2R}-\frac{m^2}{2R};\text{ или }m=\frac{h^2}{2R}.$$

Членъ же $\frac{m^2}{2R}$ по незначительной величинѣ уничтожится.

Величину касательной h безъ всякой погрѣшности можно приравнять длинѣ хорды AF или горизонтальному проложенію данной линіи AB, которое для краткости и обозначимъ черезъ D, и такъ величина $m=\frac{D^2}{2R}$.... (1).

Лучь свѣта, проходя чрезъ различныя слои атмосферы, преломляется и вслѣдствіе этого лучь отъ точки N пойдетъ по направленію NA, между тѣмъ глазъ увидитъ точку N по направленію касательной къ AN, т. е. въ K; слѣдовательно вычисленная нами поправка отъ сферическаго вида земли, т. е. длина FK должна быть уменьшена на величину NK, называемую поправкою отъ земной рефракціи; и такъ длина линіи FN будетъ общею поправкою: отъ сферическаго вида земли и отъ рефракціи, которую для краткости и обозначимъ черезъ f. Величина f равная FN опредѣлится, если изъ FK вычтемъ KN, f=m—r.... (2); гдѣ r есть поправка отъ рефракціи, т. е. линія KN. По опредѣленію многихъ ученыхъ найдено, что уголъ рефракціи KAN составляетъ 0,08 уг. M, т. е. отъ угла при центрѣ земли, и это число 0,08 принято называть коефиціентомъ рефракціи. Разсматривая уголъ FAK видимъ, что онъ составленъ касательною и хордою; стало быть уголъ FAK=½ M; слѣдовательно можемъ написать FAK : KAN=0,5 : 0,08, откуда уголъ KAN=0,16 угла FAK..... (3).

Чтобы опредѣлить величину r, то мы предполагаемъ во 1-хъ, что линія AN прямая и во 2-хъ, что AN=AF, тогда изъ тріугольника KAF имѣемъ KF : AF=Sin KAF : Sin AKF или KF: Sin KAF=AF:Sin AKF..... (4). Изъ тріугольника KAN имѣемъ, что KN : AN=Sin NAK : Sin AKN, или KN : Sin NAK=

AF : Sin AKF..... (5); сравнивъ пропорцію четвертую съ пятой получимъ KN : Sin NAK=KF : Sin KAF, или KN : KF= Sin NAK : Sin KAF, или r : m=NAK : FAK; но мы уже доказали, что уголъ KAN составляетъ 0,16 отъ угла FAK, слѣдовательно и r будетъ составлять 0,16 отъ m, т. е. r=0,16 m. Вставя эту величину во 2-е уравненіе получимъ f=m—0,16 m = 0,84 m; замѣнивъ m изъ уравненія 1-го будемъ имѣть, что $f = \frac{0,84\ D^2}{2R}$. Для полученія численной величины f должно замѣтить, что $\frac{0.84}{2R}$ остается величиною постоянною, а потому и опредѣлимъ ее, для чего должно вставить вмѣсто R среднюю величину земнаго радіуса, т. е. 2986500 сажень, и тогда f будетъ равняться $\frac{0,84}{5973000}$. D^2 или $f=0,0000001406.\ D^2$.

Изъ этой же формулы видно, что величина поправки f зависитъ только отъ разстоянія между данными точками, поэтому и разберемъ, при какихъ разстояніяхъ поправку эту можно принять равной нулю.

Предположимъ, что D=100 саженямъ; слѣдовательно $D^2=10000$ и тогда f будетъ равно 0,001406 сажени, а помноживъ на 84 получимъ, f=0,118 дюйма; а изъ этого уже легко убѣдиться, что при разстояніяхъ менѣе 100 сажень поправка f такъ будетъ мала, что ее можно принимать равною нулю.

Примѣчаніе 1. Хотя коефиціентъ рефракціи въ разныя времена года бываетъ и болѣе и менѣе 0,08 угла при центрѣ, но для топографическаго нивеллированія, выведенная поправка при коефиціентѣ 0,08, будетъ совершенно удовлетворительна.

Примѣчаніе 2. При вычисленіи формулы $f=0,0000001406.\ D^2$ логарифмами, будемъ имѣть $\log f = \bar{7},1479853 + 2 \log D$. въ саженяхъ, или $\log f = \bar{7},1479853 + 1,3242793 + 2 \log D$. въ дюймахъ.

Задача.

Если при разстояніи 100 сажень общая поправка f отъ сфероическаго вида земли и рефракціи равна 0,118 дюйма, то спрашивается какъ будетъ велика поправка f для разстоянія въ 276 сажень? Мы видѣли,

что величина f зависитъ отъ квадрата разстоянія; слѣдовательно можемъ написать такую пропорцію $(276)^2 : (100)^2 = X : 0{,}118$, или $76176 : 10000 = X : 0{,}18$; откуда $X = 7{,}6176 \times 0{,}118$, а это $= 0{,}899$ дюйма. Въ концѣ книги чертежей прилагается таблица подъ № 1, гдѣ вычислена поправка f для разстояній отъ 30 до 500 сажень.

Примѣчаніе 3. При выводѣ 1-го уравненія, членъ $\frac{m^2}{2R}$ приравняли нулю, разсмотримъ теперь могли ли мы это сдѣлать. Самое наибольшее разстояніе, которое допускаютъ при топографическомъ нивеллированіи есть двѣ версты или 1000 сажень. Вставивъ въ уравненіе 1, т. е. $m = \frac{D^2}{2R}$ получимъ $m = \frac{1000000}{5973000}$, т. е. m равно $\frac{1}{6}$ доли сажени, но мы предположимъ, что m равно цѣлой сажени (что будетъ соотвѣтствовать разстоянію въ 2444 сажени или почти въ 5 верстъ), и тогда $\frac{m^2}{2R} = \frac{1^2}{5973000} = 0{,}0000002$ сажени, или $0{,}0000168$ дюйма. Величина $\frac{m^2}{2R}$ дѣйствительно такъ мала, что ее безъ погрѣшности можно признать равною нулю.

ГЛАВА XIX.

§ 100. Общія понятія о инструментахъ, употребляемыхъ при топографическомъ нивеллированіи.

Изъ предыдущаго мы видѣли, что для опредѣленія разности уровней двухъ точекъ, должно въ одну поставить отвѣсно колъ, а изъ другой провести горизонтальную линію, или горизонтальный лучь. По этому инструменты, употребляемые при топографическомъ нивеллированіи можно подраздѣлить на два рода: I) рейки, замѣняющія колъ, и II) нивеллиры, помощію которыхъ можно проводить горизонтальный лучь зрѣнія, замѣняющій горизонтальную линію.

§ 101. Рейки.

a) *Устройство* (чер. 253).

Рейкою называютъ четырегранный призматическій брусъ, длиною въ одну сажень, или въ 3 футовъ, шириною въ дюймъ, или въ полтора. Съ одной стороны брусъ раздѣляется: или на футы и дюймы, или на футы и сотыя доли фута. Дѣленія подписываютъ цифрами, а счетъ ведутъ отъ нижняго конца.

Иногда рейка составляется изъ двухъ и даже изъ трехъ брусковъ, которые дѣлаются выдвижными или складными, каждый изъ такихъ брусковъ прикрѣпляется къ другому помощію винтовъ, устроенныхъ сзади.

По рейкѣ движется четыреугольная дощечка, называемая цѣлью, она устроивается такъ: прямою линіею *ab* раздѣляютъ ее по поламъ и одну половину дѣлаютъ черною, а другую оставляютъ бѣлою; въ срединѣ сдѣланъ прорѣзъ m, черезъ который можно видѣть и сосчитывать дѣленія на рейкѣ. Съ боку входитъ винтъ M, которымъ цѣль закрѣпляется къ рейкѣ.

Въ послѣднее время стали употреблять цѣли круглыя (чер. 254); такая цѣль надѣвается на рейку мѣднымъ футляромъ *abfh*, находящимся сзади; въ срединѣ этого футляра сдѣланъ прорѣзъ и назначена черта, соотвѣтствующая центру цѣли.

b) *Употребленіе.*

При употребленіи рейки непремѣнно должно, чтобы она стояла вертикально, для этого употребляютъ или отдѣльный отвѣсъ, или въ самой рейкѣ дѣлается прорѣзъ, въ которомъ и помѣщаютъ на металлической нити отвѣсъ n (чер. 253), снизу отвѣса ставятъ остріе b. Когда отвѣсъ станетъ надъ остріемъ, тогда это будетъ значить, что рейка вертикальна. Поставя рейку подвигаютъ по ней цѣль до тѣхъ поръ, пока горизонтальный лучь будетъ покрывать горизонтальную черту цѣли, и тогда сосчитываютъ число дѣленій рейки отъ нижняго конца до горизонтальной черты цѣли.

§ 102. Нивеллиръ съ діоптрами.

а) *Устройство* (чер. 256).

Къ мѣдной линейкѣ AA на подставкахъ BB прикрѣпленъ уровень DD, въ оправѣ котораго сдѣлано отверстіе EE для наблюденія надъ пузырькомъ уровня.

На концахъ линейки AA, въ положеніи къ ней перпендикулярномъ, прикрѣпляются винтами NN два діоптра *aa'* и *bb'*.

Въ діоптрѣ *bb'* (чер. 257) сдѣлано круглое отверстіе H, въ которомъ натягиваются крестообразно два волоска: одинъ изъ нихъ горизонтально, а другой вертикально. Близъ этого отверстія на штифтѣ движется круглая пластинка *f* и въ этой пластинкѣ сдѣлана небольшая скважина (пластинка эта служитъ для закрытія отверстія H).

Въ другомъ діоптрѣ *aa'* (чер. 258) сдѣланъ прорѣзъ hh, въ которомъ помощію винта m движется пластинка M, съ отверстіемъ точно такимъ же, какъ и въ діоптрѣ bb'.

Съ линейкою AA (чер. 256) соединяется другая линейка FF такъ: одинъ конецъ ея посредствомъ винтовъ nn, а другой конецъ винтомъ R, помощію котораго линейка AA можетъ быть приближена или удалена отъ линейки FF. Линейка FF свободно вращается на оси P, прикрѣпленной къ яблоку P'. Яблоко P' входитъ въ баксу pp, внутренность которой имѣетъ видъ усѣченнаго конуса, которою инструментъ надѣвается на треножникъ и закрѣпляется винтомъ T. Къ наружной сторонѣ конуса S винтиками прикрѣпляется пластинка съ рычагомъ, къ которому винтомъ t привинчивается дугообразная пластинка ZZ и на ней назначена черта *l*.

Для опредѣленія румбовъ нивеллируемыхъ линій, на линейкѣ AA подъ уровнемъ придѣлывается компасъ KK. Дно компаса съ одной стороны выдается въ видѣ дуги LL и раздѣляется на градусы (чер. 259). Дуга эта служитъ для измѣренія угловъ наклоненія.

b) *Установка.*

Такъ какъ нивеллиры служатъ для проведенія горизонтальной линіи, то понятно, что линія зрѣнія можетъ быть горизонтальна только тогда, когда она будетъ параллельна къ оси уровня, а эта послѣдняя горизонтальна. Въ нивеллирѣ съ діоптрами линіею зрѣнія называютъ прямую линію, соединяющую пересѣченіе волосковъ обоихъ діоптровъ. Для приведенія этой линіи въ параллельное положеніе съ осью уровня поступаютъ такъ: ставятъ инструментъ на штативъ и приведя на глазъ діоптры въ положеніе вертикальное, винтомъ R устанавливаютъ пузырекъ уровня на срединѣ трубки, закрывъ пластинкою отверстіе глазнаго діоптра и открывъ отверстіе въ предметномъ діоптрѣ, смотрятъ черезъ скважину глазнаго діоптра, при этомъ замѣчаютъ ту точку (на колѣ или на рейкѣ), на которую упадетъ пересѣченіе волосковъ предметнаго діоптра, наприм. (чер. 260) A, повернувъ инструментъ около вертикальной оси P, снова приводятъ пузырекъ уровня на средину, закрываютъ отверстіе глазнаго діоптра, и открывъ отверстіе предметнаго, опять смотрятъ въ скважину глазнаго діоптра; если пересѣченіе волосковъ предметнаго діоптра покрываетъ прежде замѣченную точку, то линія зрѣнія параллельна къ оси уровня, въ противномъ случаѣ поступаютъ такъ: снова замѣчаютъ ту точку, на которую упадетъ пересѣченіе волосковъ предметнаго діоптра, напримѣръ пусть это будетъ B, винтомъ m подвигаютъ всю пластинку M до тѣхъ поръ, пока пересѣченіе волосковъ закроетъ среднюю точку, между прежде замѣченными точками, т. е. точку D.

Чтобы это доказать, разсмотримъ слѣдующее (чер. 260): пусть aa'A первое направленіе, а $a''a_2$B второе направленіе, тогда уголъ AfB$=2faa_2$, но чтобы линія a_2a'' стала параллельною къ bb, то она должна принять положеніе линіи a_2a или уголъ fa_2a долженъ обратиться въ нуль; но уголъ fa_2a составляетъ половину угла AfB, стало быть точку a'' должно опустить на столько, чтобы линія a_2a'' покрыла среднюю точку D.

Повторивъ этотъ пріемъ еще раза два, условіе будетъ выполнено, т. е. линія зрѣнія будетъ параллельна къ оси уровня.

Выдающаяся часть дна компаса служитъ для измѣренія угловъ наклоненій, для чего должно предварительно установить черту показателя *l* такъ, что когда наклонимъ нивеллиръ къ показателю и линія зрѣнія будетъ горизонтальна, то черта *l* должна совпасть съ дѣленіемъ дуги означеннымъ нулемъ, для этого ослабивъ винтъ T', наклоняютъ инструментъ въ ту сторону, гдѣ привинченъ показатель, потомъ приводятъ пузырекъ уровня на средину и ослабивъ винтъ t, подвигаютъ пластинку ZZ до тѣхъ поръ, пока черта *l* совпадетъ съ нулемъ дѣленія дуги, послѣ чего винтъ t закрѣпляютъ и показатель будетъ установленъ.

Опредѣленіе же градусной величины угла наклоненія дѣлается такъ: пусть напримѣръ требуется опредѣлить уголъ наклоненія линіи AB (чер. 261); поставивъ инструментъ въ точку A и приведя нуль дѣленія дуги въ совпаденіе съ чертою *l* на показателѣ, измѣряютъ высоту инструмента отъ земли до горизонтальнаго волоска. Установивъ на этой высотѣ цѣль, рейку ставятъ вертикально въ точку B и наводятъ на нее пересѣченіе волосковъ, тогда линія *bb'* будетъ параллельна къ AB, а число градусовъ, на которое нуль дѣленія дуги отойдетъ отъ показателя выразитъ градусную величину угла наклоненія линіи AB.

Нивеллиръ съ діоптрами съ пользою можетъ быть употребленъ при хозяйственныхъ нивеллировкахъ и при съемкѣ горъ.

§ 103. Нивеллиръ съ зрительною трубою.

а) *Устройство* (чер. 262).

Труба нивеллира составляется изъ четырехъ трубъ: труба A съ предметнымъ стекломъ входитъ въ трубу B и можетъ передвигаться помощію винта *a*, въ трубѣ B помѣщена сѣтка, имѣющая движеніе помощію винтовъ *b*, *b*, *b*. *b*; въ эту же

трубу B ввинчивается трубочка D, въ которую входитъ трубочка E съ глазнымъ стекломъ.

Къ поверхности трубы B придѣлываются два кольца mm′ и mm′, совершенно равныхъ діаметровъ, этими кольцами труба кладется въ обоймицы двухъ подставокъ FH и F′H′, утвержденныхъ на брускѣ HH′, изъ нихъ подставка F′H′ можетъ подниматься и опускаться помощію винта K.

Когда труба вложена въ гнѣзда, тогда ее закрѣпляютъ крючками h и h.

Съ трубою соединяется уровень ff′ такъ: одинъ конецъ посредствомъ винтиковъ n, n, а другой винтомъ X и гайками y,y, помощію этихъ гаекъ конецъ уровня можетъ быть приближенъ или удаленъ отъ трубы.

Для опредѣленія румбическихъ угловъ нивеллируемыхъ линій, посрединѣ бруска HH′ устроенъ компасъ MM, подъ компасомъ находится втулка N, которою инструментъ надѣвается на ось вращенія штатива, имѣющаго устройство совершенно такое же, какъ у астролябіи съ микрометреннымъ движеніемъ.

b) *Установка.*

Установка нивеллира съ трубою состоитъ въ слѣдующемъ:

1) Волоски, натянутые въ трубѣ, должны казаться совершенно черными чертами, и чтобы не было параллакса нитей.

2) Чтобы предметы, разсматриваемые черезъ трубу, были совершенно ясно видимы, и

3) Чтобы оптическая ось трубы была параллельна къ оси уровня.

1) Для установки волосковъ должно подвигать трубочку E до тѣхъ поръ, пока условіе выполнится. Для уничтоженія параллакса должно двинуть сѣтку къ предметному или къ глазному стеклу.

2) Для полученія яснаго изображенія должно винтомъ *a* подвигать трубу съ объективомъ до тѣхъ поръ, пока разсматриваемый черезъ трубку предметъ будетъ совершенно ясно видѣнъ. Эту установку дѣлаютъ при каждой перестановкѣ рейки.

3) Для установки оптической оси въ параллельное положеніе съ осью уровня, должно: a) привести оптическую ось въ совпаденіе съ геометрическою осью (т. е. съ линіею, соединяющею центры колецъ m′m и m′m), и потомъ b) установить геометрическую ось въ положеніе параллельное съ осью уровня.

a) Чтобы совмѣстить оси, то поступаютъ такъ: направляютъ пересѣченіе волосковъ трубы на какую нибудь точку и обворачиваютъ трубу около геометрической оси; если при этомъ пересѣченіе нитей не сойдетъ съ замѣченной точки, то условіе выполнено; въ противномъ случаѣ должно поступать такъ: наводятъ вертикальную нить сѣтки на вертикальный край зданія и прикрѣпивъ инструментъ нажимательнымъ винтомъ, поворачиваютъ трубу на пол-оборота около геометрической оси (т. е. не вынимая трубу изъ гнѣздъ), и если при этомъ нить покроетъ тотъ же край зданія, то она стоитъ хорошо; въ противномъ случаѣ должно замѣтить то мѣсто, которое покроетъ нить и тогда нужно нить передвинуть винтами *b*, *b*, (отвинчивая одинъ изъ нихъ и ввинчивая другой) на половину замѣченнаго разстоянія и потомъ повторять этотъ пріемъ до тѣхъ поръ, пока достигнутъ желаемой цѣли. Точно также устанавливаютъ и горизонтальную нить, становя ее на мѣсто вертикальной, для чего повертываютъ трубу около геометрической оси на четверть оборота. Когда обѣ нити будутъ установлены, то ось оптическая будетъ совпадать съ осью геометрическою. Для удостовѣренія нужно еще разъ повторить описанный пріемъ.

b) Чтобы привести геометрическую ось въ параллельное положеніе съ осью уровня, то прежде должно привести ось геометрическую и ось уровня въ одну плоскость. Для приведенія этихъ осей въ одну плоскость поступаютъ такъ: приведя пузырекъ уровня на средину трубки и не вынимая трубы изъ обоймицъ, слегка поворачиваютъ трубу около ея геометрической оси; если при этомъ пузырекъ уровня будетъ оставаться на своемъ мѣстѣ, то условіе выполняется; въ противномъ случаѣ поправляютъ винтиками *n n*. По окончаніи этого приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки, потомъ перекладываютъ трубу въ гнѣздахъ такъ, чтобы одинъ конецъ ея занялъ мѣсто

другаго, и если при этомъ положеніи трубы пузырекъ уровня займетъ средину трубки, то это будетъ значить, что геометрическая ось параллельна съ осью уровня; въ противномъ случаѣ должно гайками *y y* перевести пузырекъ уровня на половину той дуги, на которую онъ отошелъ отъ средины трубки и снова повторяютъ описанное дѣйствіе до тѣхъ поръ, пока при переложеніи трубы пузырекъ не будетъ уже сходить съ средины. Но такъ какъ геометрическая ось была совмѣщена съ осью оптическою, то послѣ производства описанной установки и оптическая ось будетъ параллельна съ осью уровня.

Иногда бываетъ нужно, чтобы оптическая ось была перпендикулярна къ вертикальной оси вращенія, для достиженія этого поступаютъ такъ: поставя уровень по направленію одного изъ подъемныхъ винтовъ приводятъ имъ пузырекъ уровня на средину трубки, потомъ поворачиваютъ брусокъ HH′ около вертикальной оси вращенія ровно на 180° (для чего замѣчается румбъ перваго направленія); и если при этомъ новомъ положеніи пузырекъ уровня займетъ средину трубки, то ось уровня, а слѣдовательно и параллельная ей оптическая ось трубы будутъ перпендикулярны къ оси вращенія; въ противномъ случаѣ должно винтомъ K перевести пузырекъ уровня на половину той дуги, на которую онъ отойдетъ отъ средины трубки и снова повторить описанное дѣйствіе. Достигнувъ желаемой цѣли, остается на подставкѣ F′ H′ замѣтить чертою положеніе кольца *Z*.

Примѣчаніе 1. Въ нивеллирахъ Рейхенбаха сѣтка устраивается изъ трехъ волосковъ горизонтальныхъ и одного вертикальнаго, и кромѣ того уровень накладывается на трубу. Установка такого нивеллира дѣлается точно также, какъ и установка прежде описаннаго нивеллира, только при приведеніи оси уровня въ параллельное положеніе съ геометрическою осью, трубу не перекладываютъ, а переставляютъ уровень, подобно тому, какъ это дѣлалось при установкѣ оси уровня, употребляемаго при мензулѣ.

Примѣчаніе 2. Описанная установка геометрической оси въ параллельное положеніе съ осью уровня будетъ вѣрна только въ томъ случаѣ, когда діаметры колецъ mm′ и mm′ будутъ совершенно равны; а чтобы убѣдиться въ равенствѣ этихъ діаметровъ, то поступаютъ такъ:

a) Если уровень накладывается на трубу, то установивъ ось уровня въ параллельное положеніе съ геометрическою осью, приводятъ пузырекъ уровня на средину, и переложивъ трубу въ гнѣздахъ, снова ставятъ уровень такъ, чтобы лѣвый конецъ остался лѣвымъ, и если при этомъ пузырекъ будетъ на срединѣ, то діаметры колецъ равны; въ противномъ случаѣ должно винтомъ уровня переставить пузырекъ на $\frac{1}{4}$ той дуги, на которую онъ отошелъ отъ средины трубки и послѣ того трубу и уровень должно оставить въ этомъ положеніи во все время его употребленія. Чтобы въ этомъ убѣдиться, то разсмотримъ слѣдующее:

Вообразимъ плоскость черезъ ось оптическую и черезъ ось уровня и пусть (чер. 263) ab' есть линія соединяющая концы діаметровъ колецъ, которая съ оптическою осью am составляетъ уголъ z. Когда будетъ переложена труба, тогда линія ab' займетъ мѣсто $b\,b''$; а ось уровня перемѣстится такъ: конецъ n' въ n'', а конецъ n въ n''', тогда уголъ $n'hn''$ будетъ равенъ x, а уголъ x равенъ $y + y'$, или $=2y$, или $x=\frac{1}{2}z$, или $n'hn''=\frac{1}{2}z$. Очевидно, чтобы линія $n''\,n'''$ была параллельна къ bm', то должно исправить ее на величину угла z, или на $\frac{1}{4}$ угла $n'hn''$.

b) Если уровень прикрѣпленъ къ трубѣ, то дѣлаютъ изслѣдованіе такъ: избираютъ на мѣстности двѣ точки, напримѣръ A и B (чер. 264) на разстояніи другъ отъ друга сажень на 30, потомъ ставятъ въ одну изъ нихъ, напримѣръ въ A горизонтально инструментъ, а въ B рейку и замѣчаютъ ту точку b, въ которую упадетъ горизонтальный лучь зрѣнія. Очевидно, что высота точки A надъ B выразится длиною линіи Bm, которая будетъ равна $Bb—Aa$, потомъ установя рейку въ A, а инструментъ горизонтально въ B, замѣчаютъ на рейкѣ ту точку n, въ которую упадетъ горизонтальный лучь зрѣнія, тогда высота точки A надъ B выразится тою же линіею Bm, гдѣ Bm будетъ равна NB—An. Обозначимъ для краткости Bb черезъ H, Aa черезъ F, NB черезъ F' и An черезъ H' и тогда Bm=H—F и Bm=F'—H'. Предположимъ, что неравенство діаметровъ колецъ увеличиваетъ высоты реекъ на величину x, т. е. вмѣсто точки b замѣчается точка b', а вмѣсто n точка n', тогда Bm опредѣлится такъ: Bm=H—x—F и Bm=F'—(H'—x). Но Bm въ обѣихъ случаяхъ одна и та же величина; слѣдовательно H—x—F=F'—H'+x, откуда H—F—F' + H'=2x или $2x=(H+H')-(F+F')$, а отсюда x будетъ равенъ $\frac{H+H'}{2}-\frac{F+F'}{2}$.

Если по вычисленію найдемъ, что x=0, то это будетъ означать, что діаметры колецъ равны. Если для x выйдетъ величина положительная, то это обозначитъ, что неравенство діаметровъ колецъ увеличиваетъ высоту рейки, а потому при нивеллированіи найденную величину нужно отнимать отъ высоты рейки, въ противномъ же случаѣ прида-

вать. Впрочемъ гораздо удобнѣе эту ошибку исправить на инструментѣ, такъ напримѣръ: пусть нашли, что x есть величина положительная, тогда отложивъ на рейкѣ отъ точки n внизъ величину равную x, ставятъ на эту точку цѣль и винтами сѣтки передвигаютъ горизонтальную нить трубы до совпаденія съ цѣлью. Очевидно, что тогда ошибка будетъ уничтожена. На оборотъ, если x будетъ величина отрицательная, то къ высотѣ рейки An должно прибавить величину x и опять винтами сѣтки навести горизонтальную нить на цѣль, чѣмъ и уничтожится вліяніе неравенства діаметровъ колецъ.

§ 104. Нивеллиръ дальномѣръ Штампфера.

а) *Устройство* (чер. 265).

Къ поверхности зрительной трубы A придѣлываются два кольца *aa* и *aa*, равныхъ діаметровъ и этими кольцами труба вкладывается въ гнѣзда подставокъ B и B′, и закрѣпляется крючками *b* и *b′*. Подставки B и B′ придѣлываются къ алидадѣ D такъ: подставка B винтами h, h, а подставка B′ можетъ подниматься и опускаться помощію микрометреннаго винта F. Алидада D вращается около вертикальной оси MM, устроенной въ центрѣ лимба. Къ алидадѣ придѣлываютъ поніусъ, помощію котораго можно отсчитывать углы на лимбѣ съ точностію до одной минуты; а для лучшаго разсматриванія дѣленій лимба вставляется лупа. Помощію нажимательнаго винта алидада прикрѣпляется къ лимбу, а для точной установки служитъ микрометренный винтъ.

Лимбъ NN раздѣленъ на полуградусы и въ центрѣ своемъ вращается на яблокѣ, находящемся внутри втулки nn; помощію винтовъ EE и пружинъ HH (изъ которыхъ первые проходятъ черезъ кругъ LL, а вторыя къ нему прикрѣплены), лимбъ приводится въ горизонтальное или въ наклонное положеніе; эти же винты сообщаютъ лимбу неподвижность. Въ нѣкоторыхъ нивеллирахъ лимбъ закрѣпляется помощію становаго винта.

Къ кругу LL наглухо привинченъ конусъ R, а самый кругъ LL соединенъ съ лимбомъ втулкою nn.

Конусомъ R инструментъ надѣвается на треножникъ и закрѣпляется винтомъ S.

Надъ алидадою къ подставкамъ B и B′ прикрѣпленъ въ оправѣ уровень mm, одинъ конецъ котораго соединяется съ оправою винтиками x, x, а другой винтомъ y. Помощію винта y уровень можетъ быть приближенъ или удаленъ отъ алидады.

Микрометренный винтъ F составляетъ главную отличительную часть этого нивеллира отъ другихъ.

Этимъ винтомъ труба вмѣстѣ съ уровнемъ можетъ двигаться въ вертикальной плоскости и черезъ это получается возможность измѣрять вертикальные углы.

На подставкѣ B′ сбоку дѣлается дугообразная шкала (чер. 266) A′A″, раздѣленная на равныя части.

Винтъ F нарѣзается такъ, чтобы одинъ его оборотъ соотвѣтствовалъ одному дѣленію шкалы. Для отсчитыванія дѣленій шкалы, на концѣ алидады назначенъ показатель f', а для опредѣленія частей каждаго дѣленія шкалы на винтѣ F дѣлается ободокъ KK, который и раздѣляется на 100 равныхъ частей; слѣдовательно помощію дѣленій ободка можно точно отсчитывать сотыя доли каждаго дѣленія шкалы. Кромѣ того, можно еще на глазъ оцѣнивать части каждаго изъ дѣленій ободка, отчего и будутъ получаться тысячныя доли дѣленій шкалы. Дѣленія на ободкѣ отсчитываются помощію показателя f.

Внутри цилиндра L′L′ помѣщается спиральная пружина, которая и удерживаетъ микрометренный винтъ въ постоянномъ напряженіи.

Въ этомъ нивеллирѣ труба устроена совершенно такъ же, какъ и въ нивеллирѣ съ зрительною трубою.

б) *Установка.*

1) Нити должны казаться черными чертами, для этого должно подвигать глазную трубочку B′ до тѣхъ поръ, пока достигнутъ желаемой цѣли.

2) Чтобы разсматриваемый предметъ былъ ясно видѣнъ, для этого дѣйствуютъ винтомъ B″.

3) Совмѣщеніе оси оптической съ осью геометрическою дѣлается такъ же, какъ и въ нивеллирѣ съ трубою, причемъ должно дѣйствовать винтами a', a', a', a'.

4) Приведеніе геометрической оси въ параллельное положеніе съ осью уровня дѣлается такъ: поставивъ показателя f' на 20-е дѣленіе шкалы, а показателя f на нуль ободка, приводятъ подъемными винтами лимба пузырекъ уровня на средину трубки и замѣчаютъ въ трубу ту точку, отдаленнаго предмета, куда упадетъ пересѣченіе волосковъ. Послѣ того, повернувъ алидаду на 180° и переложивъ трубу, винтомъ F приводятъ пересѣченіе волосковъ на замѣченную точку, — и если при этомъ пузырекъ уровня будетъ на срединѣ, то геометрическая ось параллельна къ оси уровня; въ противномъ случаѣ должно винтомъ y перевести пузырекъ уровня на половину той дуги, на которую онъ отошелъ отъ средины трубки, послѣ того винтомъ F снова приводятъ пузырекъ уровня на средину и повторяютъ описанное дѣйствіе до тѣхъ поръ, пока достигнутъ желаемой цѣли.

5) Приведеніе оси уровня въ положеніе перпендикулярное къ вертикальной оси вращенія лимба, дѣлается такъ: установивъ показателя f' на 20-е дѣленіе шкалы, а показателя f на нуль ободка, ставятъ алидаду по направленію одного изъ подъемныхъ винтовъ, которымъ и приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки. Послѣ того, поворачиваютъ алидаду точно на 180° (прибѣгая въ этомъ случаѣ къ отсчетамъ по поніусу),—и если при этомъ пузырекъ уровня будетъ на срединѣ трубки, то условіе выполняется; въ противномъ случаѣ его нужно перевести микрометреннымъ винтомъ F на половину той дуги, на которую онъ отошелъ отъ средины трубки; потомъ опять пузырекъ уровня приводятъ на средину трубки подъемнымъ винтомъ лимба и снова повторяютъ описанное дѣйствіе; когда достигнутъ желаемой цѣли, тогда записываютъ показаніе шкалы и ободка. Очевидно, что когда поставлены будутъ показатели шкалы и ободка на записанныя числа, то ось уровня будетъ перпендикулярна къ вертикальной оси вращенія лимба. Эта установка нужна для того, чтобы приводить вертикальную ось вращенія въ отвѣсное

положеніе (или лимбъ въ горизонтальное), что и дѣлается такимъ образомъ: установивъ показателей шкалы и ободка на замѣченныя числа, ставятъ алидаду по направленію одного изъ подъемныхъ винтовъ и дѣйствуя имъ, приводятъ пузырекъ уровня на средину, потомъ поставивъ алидаду по направленію другаго подъемнаго винта, т. е. на 90°, этимъ винтомъ приводятъ пузырекъ уровня на средину и тогда плоскость лимба будетъ горизонтальна.

6) Уставить горизонтальную нить горизонтально. Для этого приводятъ плоскость лимба въ положеніе горизонтальное, и наведя горизонтальную нить на точку отдаленнаго предмета, закрѣпляютъ алидаду; потомъ дѣйствуя микрометреннымъ винтомъ алидады, проводятъ горизонтальную нить по замѣченной точкѣ, и если она съ нея не сойдетъ, то это покажетъ, что горизонтальная нить горизонтальна; въ противномъ случаѣ ее нужно поправить, дѣйствуя винтомъ p, упирающимся въ штифтъ r, и потомъ повторить еще разъ изслѣдованіе; послѣ повернуть алидаду на 180° и переложивъ трубу въ гнѣздахъ опять повторить описанное дѣйствіе, при чемъ исправленіе дѣлать винтикомъ p'.

7) Уничтоженіе коллимаціонной погрѣшности.

Примѣчаніе. Если при горизонтальномъ положеніи лимба отвѣсная плоскость, проведенная черезъ оптическую ось трубы не пройдетъ черезъ діаметръ лимба, то это называется коллимаціонною погрѣшностію.

Чтобы уничтожить существующую коллимаціонную ошибку, то при горизонтальномъ положеніи лимба наводятъ трубу на какую нибудь точку отдаленнаго предмета и сдѣлавъ отсчетъ на лимбѣ поворачиваютъ алидаду совершенно точно на 180°. Переложивъ трубу смотрятъ, покрываетъ ли пересѣченіе волосковъ прежде замѣченную точку; если покрываетъ, то коллимаціонной ошибки нѣтъ; въ противномъ случаѣ нужно опять замѣтить точку покрываемую пересѣченіемъ волосковъ, и на половину разстоянія между замѣченными точками передвинуть подставку B винтами hh.

8) Испытать, имѣетъ ли уровень надлежащую чувствительность.

Для этого приведя винтомъ F пузырекъ уровня на средину трубки, замѣчаютъ точку покрываемую пересѣченіемъ волосковъ; потомъ сдвинувъ пузырекъ съ средины, снова приводятъ его на средину, и если при этомъ пересѣченіе нитей закроетъ прежде замѣченную точку, то уровень достаточно чувствителенъ.

9) Изслѣдовать равенство діаметровъ колецъ.

Это дѣлается такъ же, какъ и при нивеллирѣ съ трубою.

Нивеллиръ дальномѣръ Штампфера съ особою пользою можетъ быть употребленъ въ мѣстахъ гористыхъ и такихъ, гдѣ нивеллированіе растянуто на слишкомъ большомъ протяженіи.

ГЛАВА XX.

§ 105. Производство топографическаго нивеллированія.

Топографическое нивеллированіе раздѣляется на простое и сложное.

Простымъ нивеллированіемъ принято называть то, помощію котораго разность уровней точекъ земной поверхности опредѣляется изъ одной точки стоянія.

Сложное нивеллированіе есть соединеніе нѣсколькихъ пріемовъ простаго нивеллированія.

Какъ простое, такъ и сложное нивеллированіе имѣетъ двѣ цѣли: 1) опредѣленіе разности уровней точекъ земной поверхности и 2) составленіе профилей, т. е. изображеніе на бумагѣ той линіи, которая получится отъ пересѣченія земной поверхности съ вертикальною плоскостью, проведенною черезъ данныя точки.

Простое и сложное нивеллированіе производится двумя способами: одинъ изъ нихъ называется нивеллированіемъ впередъ, т. е. инструментъ помѣщается въ одномъ концѣ нивеллируемой линіи; а другой называется нивеллированіемъ изъ средины, въ этомъ случаѣ инструментъ помѣщается между тѣми точками, которыхъ разность уровней нужно опредѣлить.

ГЛАВА XXI.

ПРОСТОЕ НИВЕЛЛИРОВАНІЕ.

§ 106. Нивеллированіе впередъ.

Пусть требуется опредѣлить разность уровней точекъ A и B (чер. 267). Для этого въ точку B ставятъ рейку, а въ точку A инструментъ. Линію визированія сначала направляютъ на рейку, а потомъ приводятъ въ горизонтальное положеніе. Стоящій съ рейкою (по подаваемымъ ему знакамъ) подвигаетъ по ней цѣль до тѣхъ поръ, пока черта на цѣли совпадетъ съ горизонтальною нитью инструмента и тогда сосчитываютъ число дѣленій на рейкѣ отъ нижняго ея конца до средины цѣли, т. е. длину B*b*, равную напримѣръ H; потомъ измѣряютъ высоту инструмента отъ земли до линіи зрѣнія, т. е. опредѣляютъ длину линіи A*a*. Если вообразить изъ точки A горизонтальную линію A*m*, то длина линіи B*m* будетъ выражать относительную высоту точки A надъ B.

Разсматривая линію B*m* видимъ, что она опредѣлится, если изъ B*b* вычесть *bm*, но *bm* равно A*a* какъ линіи параллельныя между параллельными; слѣдовательно высота точки A надъ B будетъ равна H—F, т. е. длинѣ рейки отъ нижняго конца ея до средины цѣли, безъ высоты инструмента. Но найденный

результатъ будетъ вѣренъ только тогда, когда разстояніе между точками A и B менѣе 100 саженъ; въ противномъ случаѣ его нужно будетъ уменьшить на величину f, т. е. на поправку отъ сферическаго вида земли и рефракціи, соотвѣтственную разстоянію AB; слѣдовательно разность уровней точекъ A и B опредѣлится если изъ высоты рейки H вычтемъ высоту инструмента F сложенную съ величиною f, т. е. высота точки A надъ B выразится такою формулою H—(F+f).

Разсмотрѣвъ чертежъ 267, приходимъ къ слѣдующему заключенію, что если будемъ постоянно отнимать отъ длины рейки высоту инструмента, то по полученному знаку при результатѣ можно заключить объ относительномъ положеніи данныхъ точекъ, и дѣйствительно, если по вычисленіи окажется, что H—(F+f) равно нулю, то это будетъ значить, что точки A и B лежатъ въ одномъ уровнѣ; если H—(F+f) по вычисленію дастъ результатъ положительный, то это будетъ значить, что точка стоянія рейки ниже той точки, въ которой стоялъ инструментъ, и если H—(F+f) по вычисленію даетъ результатъ отрицательный, то это будетъ значить, что точка, гдѣ стояла рейка, выше той, гдѣ стоялъ интрументъ.

§ 107. Нивеллированіе изъ средины.

Пусть требуется опредѣлить разность уровней точекъ A и B (чер. 268) изъ средины; поставя въ данныя точки A и B рейки, инструментъ ставятъ въ точку D, т. е. приблизительно въ равномъ разстояніи отъ данныхъ точекъ A и B; на данной линіи или внѣ ея. Приведя инструментъ въ горизонтальное положеніе, направляютъ линію зрѣнія на рейку поставленную въ точкѣ A, при этомъ стоящій у этой рейки подвигаетъ по ней цѣль до тѣхъ поръ, пока показатель на цѣли совпадетъ съ горизонтальною нитью инструмента и тогда сосчитываютъ число дѣленій рейки отъ нижняго конца до средины цѣли, т. е. $Aa=h$, повернувъ инструментъ около вертикальной оси на 180°, наводятъ на рейку поставленную въ точкѣ B; причемъ стоящій

съ этою рейкою подвигаетъ по ней цѣль до совпаденія показателя ея съ горизонтальною питью инструмента, при этомъ сосчитываютъ число дѣленій рейки, т. е, $Bb = H$. Вообразивъ черезъ точку А горизонтальную линію видимъ, что линія Bm будетъ выражать разность уровней точекъ А и В. Но линія $Bm = Bb - mb$, гдѣ $mb = Aa$; стало быть Bm будетъ равна $bB - Aa$, или $Bm = H - h$, т. е. разность уровней точекъ; при такомъ способѣ нивеллированія, опредѣляется разностію высотъ реекъ. Понятно, что если $H - h$ равно нулю, то точки А и В лежатъ въ одномъ уровнѣ; если $H - h$ даетъ положительный результатъ, то точка В ниже А; и если $H - h$ равна величинѣ отрицательной, то точка В выше точки А.

Этотъ способъ нивеллированія гораздо выгоднѣе нивеллированія впередъ, потому что: во первыхъ, не нужно измѣрять высоты инструмента; во вторыхъ, поправка отъ сферическаго вида земли и отъ рефракціи не входитъ въ вычисленіе, потому что не имѣетъ никакого вліянія на точность опредѣленія разности уровней данныхъ точекъ, и дѣйствительно при равныхъ разстояніяхъ точки стоянія инструмента отъ точекъ стоянія реекъ, поправка отъ сферическаго вида земли и отъ рефракціи, зависящая отъ разстоянія, будетъ одинакова, т. е. на сколько она увеличитъ высоту одной рейки, на столько же увеличитъ высоту и другой рейки; а при вычитаніи это будетъ равно нулю; въ третьихъ, всѣ погрѣшности инструмента тоже взаимно уничтожаются, потому что на сколько онѣ увеличатъ или уменьшатъ высоту одной рейки, на столько же увеличатъ или уменьшатъ высоту и другой, и въ четвертыхъ, разстоянія между нивеллируемыми точками можно брать гораздо бо́льшія, что значительно ускоритъ работу.

Если нивеллированіе производится съ цѣлію опредѣлить разность уровней точекъ способомъ нивеллированія впередъ, то разстоянія между точками стоянія рейки и инструмента измѣряются только тогда, когда онѣ превышаютъ 100 сажень *);

*) *Примѣчаніе.* Для чего несущему рейку приказываютъ считать число шаговъ слѣд. разстояніе приблизительно будетъ извѣстно.

а если нивеллированіе производится изъ средины, то разстоянія между нивеллируемыми точками не измѣряются; но если нивеллированіе производится съ цѣлію составить профиль, тогда должно непремѣнно измѣрять длину нивеллируемыхъ линій.

Измѣреніе длины нивеллируемыхъ линій дѣлается такъ: или вытягиваютъ цѣпь горизонтально, или измѣряютъ жезлами, кладя ихъ горизонтально, отъ чего полученная длина будетъ представлять горизонтальное проложеніе нивеллируемыхъ линій, или измѣряютъ линіи обыкновенно; но при этомъ непремѣнно должно опредѣлять углы наклоненій, и тогда можно будетъ найдти и горизонтальное проложеніе измѣренныхъ линій.

Чтобы избѣжать лишней работы измѣрять углы наклоненій, то въ концѣ книги чертежей прилагается таблица подъ № 2, помощію которой можно опредѣлять горизонтальныя проложенія по истинной длинѣ нивеллируемыхъ линій и по величинѣ опредѣляющей относительную высоту конечныхъ точекъ линіи. Употребляется эта таблица такъ: предположимъ, что разстояніе между нивеллируемыми точками равно 14 саженямъ, и что высота одной точки, напримѣръ A (чер. 269) надъ B, т. е. линія $mB = 2^{\text{саж.}}\ 1'\ 4''$, или 184 дюймамъ. По этимъ даннымъ должно опредѣлить величину перпендикуляра nn', опущеннаго изъ точки n', отстоящей отъ A на 10 сажень; длина этого перпендикуляра опредѣлится очень просто изъ пропорціи AB: $An' = mB : nn'$, или $14:10 = 184'' : nn'$, откуда $n'n = \frac{1840}{14} = 131''.4$. Найдя эту величину, отыскиваемъ такое число въ 1-й графѣ таблицы, такому числу соотвѣтствуетъ во 2-й графѣ число 9°0; слѣдовательно уголъ наклоненія линіи AB есть 9°; въ 3-й графѣ находимъ 0,012, это есть та величина, на которую горизонтальное проложеніе менѣе наклонной длиною въ одну сажень при углѣ наклоненія въ 9°0′; стало быть для нахожденія горизонтальнаго проложенія данной линіи число 0,012 должно помножить на 14, т. е. на длину данной наклонной и полученное произведеніе 0,168 отнять отъ длины AB. Итакъ горизонтальное проложеніе линіи AB равно 14с—0,17=13,83.

Еще примѣръ: Пусть AB = 8 саженямъ, а mB = 2 саженямъ 6′6″. Тогда величина перпендикуляра nn' опять опредѣлится изъ пропорціи такъ: 8:10 = 244:$n'n$, откуда $n'n = \frac{2440}{8} = 305$ дюймамъ. Отыскиваемъ въ 1-й графѣ число 305, но такого числа нѣтъ и потому должно взять ближайшее меньшее и ближайшее большее,

т. е. 301,03 изъ 2-й графы 21° изъ 3-й графы 0,066
— 307,85 — — — 21°30′ — — — 0,070

для 305 будетъ уголъ 21°15′ поправка 0,068.

Но эта поправка для одной сажени, а для 8 саженъ будетъ 8×0,068 = 0,54; слѣдовательно горизонтальное проложеніе будетъ 8—0,54 = 7,46 саженъ.

Примѣчаніе. Чтобы при вычисленіи не составлять всякій разъ пропорцій, то должно полученную относительную высоту данныхъ точекъ увеличить въ 10 разъ и потомъ раздѣлять на найденное разстояніе между данными точками.

Веденіе журнала.

При простомъ нивеллированіи должно вести журналъ, въ который вписывать: 1) высоты реекъ; 2) высоту инструмента (если это нужно); 3) длину нивеллируемыхъ линій, и 4) румбы этихъ линій, или углы составляемые этими линіями.

§ 108. Составленіе профилей.

Предположимъ, что требуется опредѣлить высоту точки A надъ B (чер. 270) и составить профиль. Такъ какъ данное разстояніе AB таково, что изъ точки A можно видѣть точку B, то требованіе это можно выполнить помощію простаго нивеллированія и дѣйствіе начинаютъ такъ: данную линію провѣшиваютъ, и пройдя по ней, замѣчаютъ колышками главныя ея изгибы, такъ напримѣръ E,D и H.

Измѣривъ линіи AE, ED, DH и HB опредѣляютъ средину линіи AB, т. е. точку F, надъ которою и ставятъ нивеллиръ, приводятъ его въ горизонтальное положеніе и направляютъ на рейку, поставленную въ точку A, при чемъ стоящій съ этого рейкою подвигаетъ по ней цѣль до совпаденія съ горизонтальною нитью, и сосчитавъ число дѣленій отъ нижняго края рейки до цѣли, переноситъ рейку въ точку E, гдѣ тоже приводитъ цѣль въ совпаденіе съ горизонтальною нитью; отсчитавъ сказанную высоту рейки переходятъ въ точку D, гдѣ дѣлаютъ точно такой же пріемъ. Потомъ ставятъ рейку въ точку H, тогда съемщикъ поворачиваетъ инструментъ около вертикальной оси на 180° и направляетъ на рейку поставленную въ точкѣ H, а потомъ направляетъ на рейку, поставленную въ точкѣ B, при чемъ всякій разъ отсчитываетъ длину рейки отъ нижняго конца до цѣли.

Пусть нашли слѣдующія высоты реекъ:

въ точкѣ A=Aa
— — E=Ef
— — D=Dh
— — H=Hn
— — B=Bb.

Очевидно, что высоты точекъ будутъ слѣдующія:

Точка A надъ E=Ef—Aa=m
— E — D=Dh—Ef=m′
— D — H=Hn—Dh=m″
— H — B=Bb—Hn=m‴

и что высота точки A надъ D выразится линіею Dp равною Dn'+pn', гдѣ Dn' есть высота точки E надъ D, т. е. m. Итакъ высота точки A надъ D будетъ равна m+m′. Высота точки A надъ H выразится линіею Hy равную Hy''+$y''y'$+$y'y$, гдѣ yy'=m, $y'y''$=Dn'=m′ и Hy'' есть m″; слѣдовательно высота A надъ H будетъ m+m′+m″ и т. д.; при этомъ должно принять за правило величины m, m′ и д. т. вводить въ вычисленіе съ приличными имъ знаками; вслѣдствіе чего получимъ, что высота A надъ B будетъ m+m′+m″+(—m‴). Итакъ высота точки A надъ B опредѣлена; слѣдовательно пер-

вое требованіе выполнено. Если по вычисленіи результатъ будетъ равенъ нулю то это значитъ точки A и B лежатъ въ одномъ уровнѣ; если результатъ будетъ величина положительная, то это будетъ значить, что точка B ниже A; а если отрицательная, то точка B выше A.

Величины m, $(m+m')$, $(m+m'+m'')$, $(m+m'+m''+(-m'''))$ называются отмѣтками точекъ E, D, H и B. Вообще отмѣткою точки называютъ длину перпендикуляра, опущеннаго изъ этой точки на горизонтальную плоскость, проведенную черезъ извѣстную и опредѣленную точку.

Для выполненія втораго требованія, т. е. для составленія профиля должно имѣть тѣ отмѣтки данныхъ точекъ которыя мы нашли, т. е. m, $m+m'$, $m+m'+m''$, $m+m'+m''+m'''$ и т. д. и горизонтальныя разстоянія между данными точками: A и E, E и D, D и H, H и B, которыя пусть будутъ a', b', f' и h', тогда для составленія профиля проводятъ на бумагѣ прямую линію A′M (чер. 271) и откладываютъ на ней отъ A′ длину a', отъ полученной точки E′ откладываютъ длину b', отъ полученной точки D′ откладываютъ f', отъ полученной точки H′ откладываютъ длину h' и получаютъ точку B′, потомъ возставляютъ къ линіи A′M перпендикуляры, и принявъ точку A′ за A должно на перпендикулярахъ отложить соотвѣтственныя отмѣтки, т. е. отъ E′ величину m, отъ D′ величину $m+m'$, отъ H′ величину $m+m'+m''$ и отъ B′ величину $m+m'+m''-m'''$; при этомъ должно принять за правило, что отмѣтки положительныя откладывать внизъ отъ линіи A′M, а отрицательныя вверхъ; потомъ полученныя отъ этого точки должно соединить такъ: A′ съ E″, E″ съ D″, D″ съ H″ и H″ съ B″, тогда ломанная A′E″D″H″B″ и будетъ требуемый профиль.

Масштабъ при составленіи профилей берется произвольный; но при этомъ принимается за правило отмѣтки наносить по масштабу въ 10 разъ большему противу того, по которому нанесены горизонтальныя проложенія, и это дастъ возможность нагляднѣе судить о изгибахъ мѣстности, такъ напримѣръ: если горизонтальныя проложенія нанесены въ масштабѣ 20 сажень въ дюймѣ, то для отмѣтокъ принимаютъ дюймъ за 2 сажени.

Такъ какъ при составленіи профилей принято: положительныя отмѣтки откладывать внизъ отъ горизонтальной линіи, а отрицательныя вверхъ, то слѣдовательно горизонтальная линія можетъ пересѣкать нивеллируемыя линіи и для устраненія этого, принято нивеллируемое пространство относить къ такой горизонтальной плоскости, которая бы лежала или выше всѣхъ нивеллируемыхъ точекъ или ниже. Если желаютъ отнести къ плоскости, лежащей выше всѣхъ нивеллированныхъ точекъ, то той точкѣ, черезъ которую прежде была проведена горизонтальная плоскость, должно назначить отмѣтку такой величины, чтобы она была болѣе самой наибольшей отрицательной отмѣтки, и эту отмѣтку принято называть главною отмѣткою. Главную отмѣтку принимаютъ положительною и къ ней придаютъ отмѣтки всѣхъ остальныхъ точекъ съ приличными знаками. Предположимъ въ нашемъ примѣрѣ, что главная отмѣтка есть Aa''. Чтобы всѣ нивеллированныя точки отнести къ горизонтальной плоскости a'' a''', проведенной черезъ точку a'', то очевидно должно ко всѣмъ найденнымъ отмѣткамъ придать величину главной отмѣтки, т. е. для полученія отмѣтки E'' E''' должно къ E' E'' придать E' E''' равную главной отмѣткѣ A' a'' и т. д. что ясно видно изъ чертежа.

Примѣчаніе. Когда при вычисленіи отмѣтокъ найдутъ, что всѣ онѣ положительныя, то нѣтъ надобности относить мѣстность къ новой горизонтальной плоскости.

Если пожелаютъ, чтобы нивеллированное пространство было отнесено къ горизонтальной плоскости, проведенной ниже всѣхъ нивеллированныхъ точекъ, тогда главную отмѣтку берутъ болѣе самой наибольшей положительной отмѣтки, принявъ ее отрицательною, придаютъ къ ней съ соотвѣтственными знаками всѣ прежде найденныя отмѣтки, отъ чего и получатся желаемыя отмѣтки.

Числовой примѣръ (чер. 270).

Высоты реекъ:	Горизонтальныя разстоянія линій. суть.
Aa=6 ф.—4″, 5	AE — „ — 60 саж.

Ef=9′ —8″, 1 ED — „ — 26 —
Dh=13′—11″, 6 DH — „ — 18 —
Hn=11′ — 7″, 3 HB — „ — 19, 95—
Bb=4 ф.— 5, 3

m =Ef—Aa= 9′ 8″, 1— 6′ 4″, 5=+3′ 3″, 6
m′ =Dh—Ef=13′ 11″, 6— 9′ 8″, 1=+4′ 3″, 5
m″ =Hn—Dh=11′ 7″, 3—13′ 11″, 6=—2′ 4″, 3
m‴=Bb—Hn= 4′ 5″, 3—11′ 7″, 3=—7′ 2″, 0.

Отмѣтки точекъ относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ точку A будутъ:

Для точки E=m=+3′ 3″, 6
— — D=m+m′=+7′ 7″, 1
— — H=m+m′+m″=+5′ 2″, 8
— — B=m+m′+m″—m‴=—1′ 11″, 2.

Итакъ точка B выше A на 1 футъ 11, 2 дюйма.

Чтобы составить профиль относительно горизонтальной плоскости, проведенной выше точки A, напримѣръ на величину равную 25 футамъ, то предполагаемъ главную отмѣтку равною+25 футамъ и тогда будутъ слѣдующія отмѣтки:

Для A=+25 ф. или 3 саж. 4 фут. 0″, 0
— E=+28 3″, 6; 4 — 0′ — 3″, 6
— D=+32 7″, 1; 4 — 4′ — 7″, 1
— H=+30 2, 8; 4 — 2′ — 2″, 8
— B=+23 0, 8; 3 — 2 — 0″, 8.

Взявъ на бумагѣ прямую линію A′ B′ (чер. 272), откладываютъ на ней A′ n'=60 саженямъ, n' n''=26, n'' n'''=18 и n''' n^{IV}=19, 95, принимая масштабъ произвольный. Потомъ возставивъ изъ точекъ A′, n', n'', n''', n^{IV} перпендикуляры къ линіи A′ B′, откладываютъ на перпендикулярѣ A′ h отъ точки A′ 3 сажени 4 фута; на перпендикулярѣ n' h' — 4 сажени 0′ 3″, 6, на перпендикулярѣ n'' h'' — 4 саж. 4′ 7″, 1. на перпендикулярѣ n''' h''' — 4 саж. 2′ 2″, 8, и на перпендикулярѣ n^{IV} h^{IV} — 3 саж. 2′ 0″, 8. Полученныя отъ этого точки соединяютъ между собою такъ: A″ съ E′, E′ съ D′, D′ съ H′, и H′ съ B″, тогда ломанная A″ E′ D′ H′ B″ и будетъ требуемый профиль данной линіи A B. При этомъ при-

нимается за правило отмѣтки наносить по масштабу въ 10 разъ большему противу масштаба принятаго для горизонтальныхъ проложеній.

Предположимъ, что требуется составить профиль относительно горизонтальной плоскости, проведенной ниже точки A на 60 фут., т. е. главная отмѣтка точки A будетъ — 60 фут. тогда найдутся слѣдующія отмѣтки:

для A—60 фут.; или для A—60 ф.=8, 571 саж.
— E—56 — 8″, 4; „ E—56, 70=8, 10
— D—52 — 4″, 9; „ D—52, 41=7, 487
— H—54 — 9, 2 „ H—54, 77=7, 824
— B—61 — 11, 2 „ B—61, 93=8, 847.

Взявъ прямую A′B′ (чер. 273), откладываютъ найденныя горизонтальныя проложенія An', $n'n''$, $n''n'''$, $n'''n^{IV}$; изъ точекъ A′, n', n'', n''' и n^{IV} возставляютъ перпендикуляры A′h, $n'h'$ и т. д.; потомъ откладываютъ отъ A′ 8,571 саж.; отъ n' 8,1 саж.; отъ n'' 7,487 саж.; отъ n''' 7,824 саж. и отъ n^{IV} 8,847 саж.; соединивъ полученныя точки a съ b, b съ f, f съ m и m съ m', получимъ требуемый профиль.

ГЛАВА XXII.

СЛОЖНОЕ НИВЕЛЛИРОВАНІЕ.

§ 109. Сложное нивеллированіе впередъ.

Предположимъ, что требуется найдти разность уровней точекъ A и B (чер. 274) и составить профиль.

Провѣшивъ данную линію, проходятъ по ней и нумерованными колышками замѣчаютъ главные изгибы мѣстности, такъ наприм. D и E, потомъ ставятъ инструментъ въ точку A и направляютъ на рейку, поставленную въ точкѣ D; когда линія зрѣнія будетъ приведена въ горизонтальное положеніе, тогда стоящій съ рейкою приводитъ цѣль въ такое положеніе, чтобы черта, раздѣляющая черную половину отъ бѣлой пришла въ

совпаденіе съ горизонтальною нитью; записавъ въ журналъ высоту рейки (отъ нижняго конца до цѣли), т. е. Dn; высоту инструмента (отъ земли до горизонтальной нити), т. е. Aa и длину линіи AD; переставляютъ инструментъ въ точку D, а рейку въ точку E; произведя описанное дѣйствіе записываютъ высоту рейки, т. е. En', высоту инструмента, т. е. Da' и длину линіи DE, послѣ того переносятъ инструментъ на точку стоянія рейки, а рейку на слѣдующую точку и повторяютъ то же самое дѣйствіе далѣе.

Ясно видно, что каждый отдѣльный пріемъ есть простое нивеллированіе впередъ, гдѣ и было выведено, что высота одной точки надъ другою опредѣляется разностію высоты рейки безъ высоты инструмента и безъ соотвѣтственной поправки отъ сферическаго вида земли и рефракціи; слѣдовательно относительныя высоты точекъ будутъ:

A надъ D будетъ Db = Dn — Aa — f = m
D — E — Eh = En' — Da' — f′ = m′
E — B — Bl = Bn'' — Ea'' — f″ = m″

Для краткости обозначимъ высоты реекъ: Dn черезъ H, En' черезъ H′, Bn'' черезъ H″, а высота инструмента Aa черезъ F, Da' черезъ F′, Ea'' черезъ F″ и тогда будемъ имѣть, что m=H —F—f; m′=H′—F′—f′ и m″=H″—F″—f″. Вообразивъ изъ точки A горизонтальную линію видимъ, что она пересѣчетъ линію Dn въ точкѣ b, линію En' въ b' и линію Bn'' въ b'' и тогда высота точки A надъ E выразится линіею Eb', равною Eh+hb', гдѣ hb' будетъ линія равная Db, т. е. равная m, а Eh'= m′; слѣдовательно высота точки A надъ E выразится такъ m+m′. Высота точки A надъ B выразится линіею Bb'', равною Bl+lb', гдѣ lb'' = b'E=m + m′; а линія lB = m″. Стало быть высота точки A надъ B будетъ m+m′+m″, или вставя вмѣсто m, m′, m″ найдемъ, что A надъ B = (H+H′+H″) — (F+F′+F″) — (f+f′+f″), т. е. разность уровней (крайнихъ) точекъ будетъ (при этомъ способѣ нивеллированія) равна суммѣ высотъ реекъ, безъ суммы высотъ инструмента и безъ суммы соотвѣтственныхъ поправокъ отъ сферическаго вида земли и рефракціи.

При этомъ нивеллированіи ведется журналъ, форма котораго приложена въ книгѣ чертежей, подъ № 3.

Въ графы: 1, 2, 3, 4, 5 и 10-ю числа вписываются въ полѣ при самомъ дѣйствіи, а въ остальныя по вычисленіи.

Въ 6 графу f—поправка отъ сферическаго вида земли и рефракціи вписывается изъ таблицы № 1.

Въ 7-ю графу вписывается разность уровней точекъ, т. е. высота рейки безъ высоты инструмента и безъ f, или m, m′, m″ и т. д., при этомъ получается и знакъ.

Въ 8-ю графу вписываются отмѣтки точекъ относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ начальную точку A, то есть: m, m+m′, m+m′+m″ и т. д.

Въ 9-ю графу вписываются отмѣтки точекъ относительно горизонтальной плоскости, проведенной выше или ниже начальной точки A; въ нашемъ примѣрѣ эта плоскость проведена выше точки A на 20 футовъ.

Въ 11 графѣ вписаны поправки для нахожденія горизонтальныхъ проложеній для измѣренныхъ линій.

Въ 12-й графѣ—горизонтальныя проложенія.

Числа 9 и 12-й графы суть координаты для составленія профиля.

Профиль на пронивеллированную линію чертится точно такъ же, какъ это было описано при простомъ нивеллированіи.

§ 110. Сложное нивеллированіе изъ средины.

Предположимъ, что требуется найдти высоту точки A надъ B (чер. 275) и составить профиль этой линіи. Прежде всего осматриваютъ данную линію и нумерованными колышками обозначаютъ концы линій, которыя имѣютъ одинъ и тотъ же уголъ наклоненія. Пусть эти линіи суть: AE, ED, DF, FK и KB, и линіи эти измѣряютъ; послѣ того между точками A и E, E и D, D и F, F и K, K и B производятъ простое нивеллированіе изъ средины точно такъ же, какъ описано въ §107.

Высоты тѣхъ реекъ, которыя ставятся въ точкахъ, обращен-

ныхъ къ начальной точкѣ, называютъ взглядами назадъ; а высоты рекъ, поставленныхъ въ противоположную сторону, называются взглядами впередъ.

Предположимъ, что найдены взгляды впередъ b, b', b'' и т. д., а взгляды назадъ a, a', a'' и т. д.; тогда основываясь на выведенномъ въ § 108, разность уровней точекъ опредѣляется такъ:

высота A надъ E будетъ $b - a = m$
E — D — $b' - a' = m'$
D — F — $b'' - a'' = m''$
F — K — $b''' - a''' = m'''$
K — B — $b^{IV} - a^{IV} = m^{IV}$

Вообразивъ изъ точки A горизонтальную плоскость видимъ, что высота точки A надъ D будетъ линія DM′ равная $D'n + n'M'$, т. е. равная $m + m'$.

Высота точки A надъ F выразится длиною линіи $FM'' = Fn'' + n''M''$ но $n''M'' = m + m'$; стало быть высота точки A надъ F будетъ $m + m' + m''$. Высота A надъ K выразится линіею KM‴ равною $FM'' - Fn^{IV}$, но $Fn^{IV} = Kn'''$ или m''; слѣдовательно высота A надъ K будетъ $m + m' + m'' + m'''$, или $m + m' + m'' + (-m''')$ и т. д.

Точно также найдемъ, что высота точки A надъ B будетъ $m + m' + m'' + (-m''') + (-m^{IV})$. Вставивъ вмѣсто m, m′, m″ и т. д. соотвѣтственныя имъ величины найдемъ, что высота точки A надъ B будетъ $= (b + b' + b''' + b'' + b^{IV}) - (a + a' + a'' + a''' + a^{IV})$, т. е. разность уровней крайнихъ точекъ выразится суммою взглядовъ впередъ безъ суммы взглядовъ назадъ. Понятно, что если результатъ будетъ нуль, то точки A и B лежатъ въ одномъ уровнѣ; если результатъ будетъ положительный, то точка B ниже A, а если отрицательный, то точка B выше A.

При этомъ способѣ нивеллированія нѣтъ надобности ставить инструментъ на нивеллируемой линіи; но тогда для опредѣленія румбическихъ угловъ нивеллируемыхъ линій должно инструментъ ставить въ началѣ линіи, т. е. въ точкѣ обращенной къ начальной точкѣ.

При сложномъ нивеллированіи изъ средины ведутъ журналъ. Форма въ концѣ книги чертежей подъ № 4,

Въ графы 1, 2, 3, 4, 5 и 9-ю числа вписываются въ полѣ при самомъ дѣйствіи.

Въ 6-ю графу вносится разность взглядовъ впередъ и назадъ, при чемъ получается и знакъ (т. е. m, m′, m″ и т. д.).

Въ 7-й графѣ помѣщаются отмѣтки точекъ относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ начальную точку (т. е. m; m+m′; m+m′+m″ и т. д.)

Въ 8-й графѣ помѣщаются отмѣтки точекъ относительно горизонтальной плоскости, проведенной выше или ниже начальной точки; въ нашемъ примѣрѣ плоскость проведена выше начальной точки на 10 футовъ.

Въ 10-й графѣ помѣщаются поправки для полученія горизонтальныхъ проложеній измѣренныхъ линій.

Въ 11-й графѣ помѣщаются горизонтальныя проложенія.

Для составленія профиля берутъ прямую линію на бумагѣ (чер. 27б) и на ней откладываютъ линіи Ah=60,3; hh'=83,4; $h'h''$=103,0; $h''h'''$=100; h'''B=80; (всѣ эти числа взяты изъ 11-й графы журнала); изъ точекъ A′, h, h' и т. д. возставляютъ перпендикуляры къ линіи AB и на нихъ откладываютъ: отъ A линію равную 10 футамъ; отъ h откладываютъ 12′3″,1; отъ h' откладываютъ 8′3″6; отъ h'' откладываютъ 13′3″5; отъ h''' откладываютъ 15′7″,9; отъ B откладываютъ 14′4″,5; (всѣ эти числа взяты изъ 8-й графы журнала). Соединивъ полученныя отъ этого точки такъ: A′ съ E′, E′ съ D′, D′ съ F′, F′ съ K′ и K′ съ B′ получимъ ломанную линію A′E′D′F′K′B′, которая и будетъ выражать собою требуемый профиль.

При составленіи профиля масштабъ для отмѣтокъ берутъ въ 10 разъ болѣе того масштаба, по которому наносили горизонтальныя проложенія.

Внизу подъ профилемъ по румбамъ (записаннымъ во 2 и 3-й графахъ журнала) составляютъ планъ нивеллированныхъ линій. Когда же нивеллированіе производилось по прямой линіи, то плана не дѣлаютъ.

Примѣчаніе 1. При составленіи профиля иногда дѣлаютъ и такія требованія, чтобы горизонтальная плоскость, къ которой будутъ отнесены всѣ пронивеллированныя точки проходила или 1) черезъ са-

мую высшую точку, или 2) черезъ самую низшую точку мѣстности, или 3) чтобы принятая плоскость проходила выше всѣхъ точекъ, или 4) ниже всѣхъ точекъ.

Для выполненія первыхъ двухъ требованій должно поступать такъ: прежде всего найдти отмѣтки точекъ, относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ начальную точку, и тогда самая наибольшая отрицательная отмѣтка будетъ принадлежать самой высшей точкѣ мѣстности; а самая наибольшая положительная отмѣтка будетъ принадлежать самой низшей точкѣ мѣстности, напримѣръ пусть будутъ:

взглядъ назадъ.	взглядъ впередъ.	разность взглядовъ.
A = 5′3″,1	B = 3′1′,2	B и A = —2′1″,9
B = 4′1″,2	E = 6′8′,9	E и B = +2′7″,7
E = 3′3″,3	D = 8′6′,4	D и E = +5′3″,1
D = 9′8″,3	F = 1′3′,6	F и D = —8′4″,7

Отмѣтки относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ точку A будутъ:

для A=0
для B=—2′1″,9
для E=+0′5″,8
для D=+5′8″,9
для F=—2′7″,8

А изъ этого видимъ, что точка D самая низшая, а точка F самая высшая.

Найдя точку высшую или низшую поступаютъ такъ: если нужно всѣ точки отнести къ горизонтальной плоскости, проведенной чрезъ самую высшую точку, то принявъ ея отмѣтку положительною, должно придать къ ней отмѣтки всѣхъ точекъ съ ихъ знаками. Если же всѣ точки нужно отнести къ самой низшей точкѣ, то должно ея отмѣтку принять отрицательною и къ ней придать отмѣтки всѣхъ точекъ съ ихъ знаками, такъ наприм. отмѣтки точекъ относительно плоскости проведенной черезъ точку F будутъ:

для A=+2′7″,8
для B=+ 5″,9
для E=+3′1″,6
для D=+8′4″,7
для F= 0

Чтобы отнести всѣ точки къ горизонтальной плоскости, проведенной черезъ низшую точку D, то принявъ ея отмѣтку отрицательною, найдемъ отмѣтки точекъ:

для A=—5′ 8″9
для B=—7′10″8
для E=—5′ 3″,1

для D=—0

для F=—8′ 4″,7

Если бы всѣ отмѣтки были положительныя, то въ этомъ случаѣ начальная точка будетъ самая высшая; когда же всѣ отмѣтки будутъ отрицательныя, тогда начальная точка будетъ самая низшая.

Для выполненія 3 и 4-го условія поступаютъ такъ, какъ это было описано при составленіи профиля простаго нивеллированія.

Примѣчаніе 2. Если нивеллируемую линію будетъ пересѣкать глубокій оврагъ, имѣющій такіе крутые берега, что невозможно ихъ нивеллировать, то должно избрать на противуположномъ берегу точку и опредѣлить разность уровней точекъ стоянія и избранной, напримѣръ (чер. 277) точекъ A и B; и если нивеллированіе производится только для опредѣленія разности уровней крайнихъ точекъ, то достаточно опредѣлить высоту точки *a* надъ *b*, и потомъ перейдя въ точку *b* продолжать дѣйствіе. Когда же нужно составить профиль, тогда кромѣ сдѣланнаго опредѣленія высоты точки *a* надъ *b*, нужно опредѣлить длину *ab* какъ неприступной линіи и потомъ измѣрить длину линій: *an*, *nm*, *mb* и высотомѣромъ опредѣлить ихъ углы наклоненій. Профиль составляютъ, не обращая вниманія на этотъ оврагъ, и когда нанесутъ точки *a* и *b*, то вычисливъ по длинѣ линій и угламъ наклоненія отмѣтки точекъ *n* и *m* и горизонтальныя положенія линій *an*, *mn*, *mb* можно нанести ихъ на профиль.

Если бы по какимъ нибудь причинамъ нельзя было опредѣлить изъ точки *a* высоту ея надъ точкою *b*, тогда нужно сдѣлать обходъ этого оврага и помощію избранныхъ точекъ, опредѣлить высоту точки *a* надъ *b*, а потомъ вспомогательныя линіи уничтожить. Но если и этого сдѣлать нельзя, тогда должно врывать уступы для постановленія инструмента и производить нивеллированіе обыкновеннымъ порядкомъ.

§ 111. Особая метода нивеллированія помощію нивеллиръ дальномѣра Штампфера.

Нивеллиромъ дальномѣромъ Штампфера можно производить нивеллированіе какъ и простыми нивеллирами, употребляя прежде описанные способы, и кромѣ того, имъ производится нивеллированіе по особой методѣ, которая состоитъ въ слѣдующемъ:

Пусть требуется найдти относительную высоту точки A надъ B (чер. 278). Дѣйствіе начинаютъ установкою цѣлей на рей-

кѣ: одну изъ нихъ ставятъ на произвольномъ разстояніи отъ нижняго конца рейки, наприм. на разстояніи a, а другую ставятъ отъ нижней цѣли на разстояніи b и для облегченія вычисленій это разстояніе b должно быть: или $^1/_2$ сажени, или 1 сажень, или $1^1/_2$ сажени.

Приготовленную рейку ставятъ въ точку B, а инструментъ въ A. Приведя показателей шкалы и ободка на числа, замѣченныя при установкѣ оси уровня въ параллельное положеніе съ плоскостію лимба, устанавливаютъ подъемными винтами плоскость лимба въ горизонтальномъ положеніи, потомъ ставятъ трубу по направленію на рейку и смотрятъ, находится ли пузырекъ уровня на срединѣ трубки: если онъ на срединѣ, то записываютъ тѣ показанія шкалы и ободка, на которыя поставили показателей; если же онъ отошелъ отъ средины, то его приводятъ на средину микрометреннымъ винтомъ F, и записываютъ показаніе шкалы и ободка, напримѣръ h; потомъ дѣйствуя микрометреннымъ винтомъ F, наводятъ пересѣченіе волосковъ на верхнюю цѣль и записываютъ показаніе шкалы и ободка, напримѣръ o; послѣ того, тѣмъ же винтомъ F наводятъ на нижнюю цѣль и записываютъ показаніе шкалы и ободка, напримѣръ u. Если $a'b'$ представляетъ шкалу, которой величина одного дѣленія есть напримѣръ l и a' есть точка начала дѣленій шкалы, то очевидно, что линія $a'b'$ выразится числомъ h, умноженнымъ на l, т. е. $a'b'=$hl; на томъ же основаніи $a'n=$ol и $a'm=$ul. Но линія $b'm=b'a'-a'm$; слѣдовательно $b'm=$hl—ul=(h—u) l; линія $mn=a'n-a'm$; слѣдовательно $nm=$ol—ul= (o—u).l

Высота точки A надъ B опредѣлится, если изъ BH вычтемъ AF и f, гдѣ AF есть высота инструмента, а f поправка отъ шарообразнаго вида земли и рефракціи. Но BH=BN+NH.

Величина BN извѣстна, она есть a, т. е. разстояніе нижней цѣли отъ конца рейки; остается найдти NH. Для чего предположимъ, что $a'b'$ параллельна NH и тогда изъ подобныхъ тріугольниковъ NFH и mFb' получимъ, что NF:Fm=NH:$b'm$.....(1); изъ подобія тріугольниковъ MFN и mFn получимъ, что NF:Fm =NM : mn.... (2).

Въ 1 и 2-й пропорціи первыя отношенія равны; слѣдовательно вторыя составятъ пропорцію, и такъ $IN:b'm=NM:nm$; откуда $IN=\frac{b'm.NM}{mn}$. Замѣнивъ mn и mb' прежде выведенными величинами получимъ $IN=NM\frac{(h-u).t}{(o-u).t'}$; или $IN=NM\frac{h-u}{o-u}$. Линія NM есть разстояніе между цѣлями, т. е. b и тогда $IN=b\frac{h-u}{o-u}$

Зная величину NI найдемъ величину BI такъ: $BI=a+b.\frac{h-u}{o-u}$; а высота точки A надъ B, выразится такъ: $a+b.\frac{h-u}{o-u}-AF-f$.

Если b будетъ одна сажень, то формула, опредѣляющая высоту точки A надъ B, упростится и приметъ видъ: $a+\frac{h-u}{o-u}-AF-f$, и тогда разность уровней точекъ будетъ выражена саженями.

При нивеллированіи выведенная нами формула $a+b\frac{h-u}{o-u}$ есть ни что иное, какъ взглядъ на точку; слѣдовательно взгляды на слѣдующія точки будутъ выражаться тою же самою формулою, гдѣ числа h,o и u будутъ числа отсчитанныя на шкалѣ и ободкѣ при горизонтальномъ положеніи оптической оси трубы и при наведеніи этой оси на цѣли рейки, поставляемой послѣдовательно въ точкахъ D, E и т. д. Предположимъ, что взглядъ на точку D будетъ $a+b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)_1$; взглядъ на точку E будетъ $a+b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)_{11}$ и т. д.

Но мы видѣли прежде, что при нивеллированіи впередъ высота одной точки надъ другою выражается суммою высотъ рекъ безъ суммы высотъ инструмента и безъ суммы поправокъ отъ сферическаго вида земли и рефракціи; стало быть высота точки A надъ E будетъ равна $(a+a+a)+b\left[\frac{h-u}{o-u}+\left(\frac{h-u}{o-u}\right)_1+\left(\frac{h-u}{o-u}\right)_{11}\right]-[F+F'+F''-(f+f'+f'')]$. При b равной 1-й сажени

найдемъ, что высота точки A надъ E будетъ $3a+\left\{\frac{h-u}{o-u}+\left(\frac{h-u}{o-u}\right)_{I}+\left(\frac{h-u}{o-u}\right)_{II}\right\}-(F+F'+F'')-(f+f'+f'')$, гдѣ F, F′ и F″ суть высоты инструмента, а f, f′ и f″ соотвѣтственныя поправки отъ сферическаго вида земли и отъ рефракціи.

Если по вычисленію найдемъ, что результатомъ будетъ нуль, то точки A и E лежатъ въ одномъ уровнѣ; если результатъ положительный, то точка E ниже A, а если отрицательный, то A ниже E.

Нивеллированіе изъ средины дѣлается такъ (чер. 279): поставивъ въ данныя точки A и B рейки съ уставленными на нихъ цѣлями, инструментъ ставятъ на средину линіи AB, т. е. въ точку E.

Установивъ показателей шкалы и ободка на извѣстныя числа, приводятъ плоскость лимба въ положеніе горизонтальное и наводятъ трубу на рейку, стоящую въ точкѣ A, исправивъ микрометреннымъ винтомъ положеніе пузырька, записываютъ показаніе шкалы и ободка, напримѣръ h. Потомъ послѣдовательно паводятъ оптическую ось трубы на верхнюю цѣль и записываютъ показаніе шкалы и ободка, напримѣръ o, затѣмъ на нижнюю цѣль и записываютъ опять показанія на шкалѣ и ободкѣ, напримѣръ u. Тогда взглядъ на точку A выразится формулою $a+b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)$, и это будетъ взглядъ назадъ.

Повернувъ алидаду на 180°, направляютъ на рейку стоящую въ точкѣ B и дѣлаютъ описанный пріемъ.

Пусть будутъ показанія шкалы и ободка: при горизонтальномъ положеніи оси трубы $= h_1$, при наведеніи на верхнюю цѣль $= o_1$ и на нижнюю цѣль $= u_1$; тогда взглядъ на точку B выразится опять формулою $a+b\left(\frac{h_1-u_1}{o_1-u_1}\right)$ и это будетъ взглядъ впередъ. Но при нивеллированіи изъ средины разность уровней точекъ выражается разностію взгляда впередъ безъ взгляда назадъ; слѣдовательно высота точки A надъ B будетъ $a+b\times$

$\left(\frac{h_1-u_1}{o_1-u_1}\right) - \left\{a'+b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)\right\}$, или высота A надъ B будетъ $a+b\left(\frac{h_1-u_1}{o_1-u_1}\right) - a' - b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)$. Но такъ какъ нижнія цѣли устанавливаются на обѣихъ рейкахъ на одной высотѣ, слѣд. $a'=a$ и тогда высота A надъ $B=b\left(\frac{h_1-u_1}{o_1-u_1}\right) - b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)$, при $b=1$ сажени получимъ, что высота точки A надъ B будетъ $= \left(\frac{h_1-u_1}{o_1-u_1}\right) - \left(\frac{h-u}{o-u}\right)$ выраженная саженями.

Точно также опредѣлится высота точки B надъ D и т. д.

Примѣчаніе 1. Въ случаѣ если встрѣтится надобность во время работъ измѣнить положеніе нижней цѣли, не измѣняя разстоянія между цѣлями, то необходимо нужно исправить членъ $\frac{h-u}{o-u}$ такъ: когда цѣль будетъ приподнята, тогда число футовъ и дюймовъ равное разстоянію пройденному цѣлію отъ первоначальнаго положенія должно придать къ члену $a+b\frac{h-u}{o-u}$; а если цѣль понизили, то отнять.

Примѣчаніе 2. Если величина b (разстояніе между цѣлями) будетъ болѣе или менѣе одной сажени, то членъ $\left(\frac{h-u}{o-u}\right)$ должно умножать на величину b.

Если при нивеллированіи случится прямо въ трубу видѣть ту черту, на которую упадетъ горизонтальная нить сѣтки, то тогда вмѣсто члена $a+b\left(\frac{h-u}{o-u}\right)$ должно вставлять найденную высоту рейки.

При нивеллированіи можетъ встрѣтиться и такая мѣстность, что половины шкалы будетъ недостаточно для измѣренія разстоянія между цѣлями, тогда должно поступать такъ: опустить или поднять шкалу (смотря по надобности), потомъ установить инструментъ такъ, чтобы одинъ изъ подъемныхъ винтовъ былъ по направленію на рейку и уже этимъ подъемнымъ винтомъ и привести пузырекъ уровня на средину трубки; пос-

лѣ того направляютъ трубку на рейку, и если пузырекъ отойдетъ отъ средины, то его поправляютъ винтомъ F и записываютъ показаніе шкалы и ободка, что и замѣнитъ величину h, потомъ наводятъ на верхнюю и на нижнюю цѣли и записываютъ показаніе шкалы и ободка, т: е: o и u. Если нивеллированіе производится изъ средины, то членъ $\frac{h-u}{o-u}$ должно исправить отъ наклоненія лимба такимъ образомъ: пусть нашли, что $h=43{,}28$, а при параллельности оси уровня съ плоскостію лимба записаны отсчеты на шкалѣ и ободкѣ 21,73, тогда поправка будетъ $(43.28-21.73) \times 0{,}00024 = 0{,}0052$ сажени и эту величину нужно придать къ члену $\frac{h-u}{o-u}$ съ полученнымъ знакомъ. Величина $0{,}00024=0{,}02$ дюйма, которая выражаетъ величину одного дѣленія шкалы.

Примѣчаніе. Разсматривая чертежъ (280) видимъ, что при опредѣленіи длины Aa положеніе центра лимба было въ b, при опредѣленіи же величины BB' центръ лимба былъ въ b'; стало быть вмѣсто Baa' опредѣлено BB', и чтобы это исправить, то должно отнять величину bb'; величина же bb' равна разности показанія шкалы при двухъ положеніяхъ лимба, умноженной на длину одного дѣленія шкалы.

При производствѣ нивеллированія по особой методѣ ведутъ журналъ. Въ концѣ книги чертежей подъ № 5 приложенъ журналъ нивеллированія впередъ, а подъ № 6 приложена форма журнала нивеллированія изъ средины.

Въ журналахъ этихъ въ графу h вписываютъ показаніе шкалы и ободка, при горизонтальномъ положеніи оптической оси; въ графу o—показаніе шкалы и ободка, при наведеніи на верхнюю цѣль; а въ графу u—показаніе шкалы и ободка при наведеніи на нижнюю цѣль.

Величина f берется изъ таблицы подъ № 1, по вычисленному разстоянію, а имѣя горизонтальныя проложенія и отмѣтки, профиль начертится точно также, какъ это уже было описано.

Примѣчаніе. Нивеллиръ дальномѣръ Штампфера употребляется для

опредѣленія разстояній точно такъ, какъ это описано въ I-мъ отдѣлѣ § 96.

§ 112. Поперечное нивеллированіе.

Всѣ описанные способы нивеллированія производились вдоль нивеллируемыхъ линій, и потому ихъ называютъ продольнымъ нивеллированіемъ. Для опредѣленія относительныхъ высотъ точекъ, лежащихъ по сторонамъ нивеллируемыхъ линій, производятъ нивеллированіе, называемое поперечнымъ.

Поперечное нивеллированіе всегда производится одновременно съ продольнымъ и для большаго удобства оно дѣлается по линіямъ перпендикулярнымъ къ линіямъ нивеллированія продольнаго, такъ напримѣръ: предположимъ, что по линіи (чер. 281) ABED нужно произвести продольное и поперечное нивеллированіе.

Прежде всего обозначаютъ главные изгибы мѣстности, напримѣръ точки B, E и т. д., потомъ къ линіи AB, изъ A возставляютъ перпендикуляръ $a'a$ къ линіи BE изъ B возставляютъ перпендикуляръ $b\,b'$ и т. д. На перпендикулярахъ тоже означаютъ главные изгибы линіи, такъ напримѣръ: a^{IV}, a'', a''' и т. д. Разстояніе между замѣченными точками измѣряютъ, т. е. AB, Aa^{IV}, $a^{IV}a$, Aa'', $a''a'''$, $a'''a'$.

Ставъ съ инструментомъ въ точку M, взятую приблизительно въ равномъ разстояніи отъ A и B и приведя его въ горизонтальное положеніе. берутъ взгляды сначала на точку B, а потомъ: на A, на a^{IV}, a, a'', a''' и на a'. Установя горизонтально инструментъ въ точкѣ M′ берутъ взгляды прежде на E, а потомъ на B, на b', b', b''' и на b.

Примѣчаніе. Если точка стоянія инструмента будетъ находиться отъ точекъ поперечнаго нивеллированія далѣе 100 саж., то тогда должно измѣрить разстояніе отъ точки стоянія до точки поперечнаго нивеллированія, и вводить поправку отъ сферическаго вида земли и рефракціи.

При этомъ нивеллированіи ведутъ чертежъ такъ, какъ это

показано на чертежѣ 282, гдѣ цифры обозначаютъ величины взглядовъ.

При составленіи профиля всѣ точки нивеллированія поперечнаго должно относить къ той же горизонтальной плоскости, къ которой отнесены точки нивеллированія продольнаго; для чего должно ко взглядамъ на точки поперечнаго нивеллированія придать величину отмѣтки той точки нивеллированія продольнаго, черезъ которую проведена линія поперечнаго нивеллированія безъ взгляда на эту точку.

Разсмотримъ это: Пусть (чер. 283) NN есть плоскость, къ которой отнесены точки нивеллированія продольнаго и плоскость эта отстоитъ отъ точки A на 20 фут. Линія An' есть взглядъ на A при поперечномъ нивеллированіи, и пусть черезъ точку n проведена горизонтальная плоскость MM. Очевидно, что отмѣтка a^{IV} относительно плоскости NN будетъ линія $a^{IV}\,b' + b'b$; линія $a_1{}^{V}\,b'$ есть взглядъ на точку a^{IV}, а линія $bb' = nn'$; линія же nn' есть отмѣтка точки A безъ взгляда на нее. Отмѣтка точки a будетъ ab'' равная $ab'''+b'''b''$, гдѣ ab''' есть взглядъ на точку a, а линія $b'''b''$ равна nn'; линія же nn' есть отмѣтка точки A безъ взгляда на нее и т. д.

Числовой примѣръ.

Главная отмѣтка точки A есть 20 ф., т. е. $An = 20$ фут., взглядъ на точку A есть 6 фут., т. е. $An'=6$ ф.; слѣдовательно разность главной отмѣтки безъ взгляда на точку A будетъ линія $n'n$ равная $20'-6'=14$ ф., а для точекъ поперечнаго нивеллированія отмѣтки будутъ:

для a =4 ф. $0^0 + 14 = 18 - 0^0$
— a^{IV}=8 — $10^0 + 14 = 22 - 10_0$
— A =6 — $0^0 + 14 = 20 - 0^0$
— a''=9 — $2^0 + 14 = 23 - 2^0$
— a'''=9 — $0^0 + 14 = 23 - 0^0$
— a' =3 — $1^0 + 14 = 17 - 1^0$

Когда нужно имѣть отмѣтки для точекъ поперечнаго нивел-

лированія относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ начальную точку A, тогда отмѣтки получатся такъ:

для a $=4'\ 0''-6'0''=-2'\ 0''$
— $a_{IV}=8'10''-6'0''=+2'10''$
— $a''=9'\ 2''-6'0''=+3'\ 2''$
— $a'''=9'\ 0''-6'0''=+3'\ 0''$
— a' $=3'\ 1''-6'0''=-2'11''$.

Отмѣтки точекъ поперечнаго нивеллированія, лежащихъ по другимъ перпендикулярамъ, опредѣлятся точно также, т. е. ко взгляду на точку поперечнаго нивеллированія должно придать величину отмѣтки для точки нивеллированія продольнаго (лежащей на этой линіи) безъ взгляда на эту точку.

Предположимъ, что во время стоянія инструмента въ точкѣ M взглядъ на точку B былъ 3 ф. 5″, слѣдовательно отмѣтка точки B будетъ $20+(3\text{ ф. }5''-6'0'')=17$ ф. 5″; когда же инструментъ стоялъ въ точкѣ M′, то пусть взглядъ на точку B былъ 7 ф. 4″, слѣдовательно ко взглядамъ на точки b', b'', $b_{,}''$, b должно придать отмѣтку точки B безъ взгляда на нее, т. е. 17 ф. 5″—7′4″, т. е. 10′ и 11″ и тогда требуемыя отмѣтки будутъ.

для b' $=4'\ 0''+10'1''=14'1''$
— b' $=6'11''+10'1''=17'0''$
— $b'''=13'8''+10'1''=23'9''$
— b $=5'\ 1''+10'1''=15'2''$

Для полученія отмѣтокъ точекъ поперечнаго нивеллированія, лежащихъ по линіи bb' относительно точки B, должно изъ взглядовъ на эти точки вычесть взглядъ на точку B и тогда получимъ для точки b', $4'\ 0''-7'\ 4''=-3'\ 4''$
b'', $6'\ 11''-7'\ 4''=-0'\ 5''$
b''', $13'\ 8''-7'\ 4'=+6'\ 4''$
b', $5'\ 1''-7'\ 4''=-2'\ 3''$

Примѣчаніе. Разберемъ, почему для полученія отмѣтокъ относительно принятой горизонтальной плоскости должно ко взглядамъ на точки поперечнаго нивеллированія линіи bb' (чер. 284) придавать отмѣтку для точки B безъ взгляда на нее.

Изъ чертежа видимъ, что отмѣтки точекъ поперечнаго нивеллированія по линіи bb' относительно принятой горизонтальной плоскости NN, выразятся длиною линій $b'm$, $b''m'$ $b'''m''$ и bm'''; разсматривая эти линіи замѣчаемъ, что линія $b'm$ состоитъ изъ $b'n' + n'm$, или $= b'n' + nB'$, но $b'n'$ есть взглядъ на точку b', а nB' есть отмѣтка точки B безъ взгляда на нее, точно такъ же найдемъ и для точекъ b'', b''' и b.

При составленіи профилей поступаютъ такъ: (чер. 285) прежде составляется профиль продольнаго нивеллированія, потомъ внизу составляютъ планъ линій продольнаго нивеллированія; къ этимъ линіямъ проводятъ перпендикуляры черезъ точки, соотвѣтственныя тѣмъ точкамъ мѣстности, черезъ которыя были проведены въ натурѣ перпендикуляры такъ: черезъ A проводятъ перпендикуляръ къ линіи AB, черезъ B къ линіи BE и т. д. и на этихъ перпендикулярахъ уже чертятъ профили поперечнаго нивеллированія такимъ образомъ: отъ A наносятъ горизонтальное проложеніе Aa^{IV}, отъ a^{IV} горизонтальное проложеніе a^{IV} a и т. д. Изъ точекъ a^{IV}, a и т. д. возставляютъ перпендикуляры къ линіи aa' и на нихъ наносятъ найденныя отмѣтки такъ: am, т. е. 18′ 0″ (отъ a); $a^{IV}m' = 22'$ 10″ (отъ a^{IV}) и т. д. Соединивъ полученныя точки m съ m'; m' съ m'', m'' съ m''' и т. д. будемъ имѣть ломанную линію, которая и есть требуемый профиль поперечнаго нивеллированія по линіи $a'a$ (чер. 281). Точно также чертятся профили по линіи bb' и по другимъ если онѣ были.

Если продольное нивеллированіе произведено по одной прямой линіи, то вмѣсто плана внизу проводятъ прямую линію: или параллельную къ принятой горизонтальной, или проводятъ по ея румбу, а профиль чертятъ точно такъ же, какъ это сейчасъ было описано.

ГЛАВА XXIII.

§ 113. Опредѣленіе относительныхъ высотъ точекъ, помощію Кипрегеля (или дальномѣра).

Опредѣленіе относительныхъ высотъ точекъ помощію кипрегеля (или дальномѣра) основано на томъ, что по извѣстному углу наклоненія, измѣренному кипрегелемъ и по извѣстному горизонтальному разстоянію тѣхъ точекъ, которыхъ опредѣляется относительная высота, вычисляется тотъ катетъ прямоугольнаго тріугольника, который будетъ выражать собою разность уровней данныхъ точекъ. Пусть (чер. 286) требуется опредѣлить разность уровней точекъ B и A; предположимъ, что въ A поставленъ отвѣсно колъ, въ точкѣ B ставятъ горизонтально мензулу и взявъ на колѣ точку A′, отстоящую отъ A на величину равную высотѣ оси вращенія кипрегеля надъ точкою B, измѣряютъ кипрегелемъ уголъ $A'nm$, т. е. уголъ наклоненія nA' и тогда по длинѣ nm, (принявъ ее за горизонтальное положеніе данной линіи B A) и по углу $A'nm$ можно найдти длину $A'm$ такъ: принявъ тріугольникъ mnA' за прямоугольный найдемъ, что $mA' = nm$ tang $A'nm$. Что и выразить относительную высоту точки B надъ A; но это опредѣленіе будетъ вѣрно только въ томъ случаѣ, когда разстояніе между данными точками менѣе 100 сажень; въ противномъ случаѣ вслѣдствіе дѣйствія рефракціи будетъ измѣренъ не уголъ mnA', а уголъ $m'nm$ и тогда опредѣлится уже не $A'm$, но величина $mm' = nm$. tg $m'nm$; слѣдовательно высота точки B надъ уровнемъ точки A будетъ $B'B = MA = AA' + r + nm$ tang $m'nm - f - Bn$..... (1); гдѣ f есть поправка отъ сферическаго вида земли. Но такъ какъ AA' равна Bn; слѣдовательно $B'B = AM = r + nm$ tang $m'nm - f$. Разсмотримъ какъ опредѣлится высота точки B надъ A если инструментъ будетъ въ A (чер. 287); назначивъ на колѣ точку A′ такъ чтобы BA' равнялась величинѣ An, т. е. высотѣ оси вращенія кипрегеля надъ точкою

A измѣряютъ уголъ наклоненія линіи AB; по вслѣдствіе рефракціи вмѣсто истиннаго угла наклоненія, т. е. вмѣсто mnA' будетъ измѣренъ $m'nm$, тогда длина mm' будетъ равна mn tg mnm'. Линія BB′ опредѣляетъ относительную высоту точки B надъ A; длина же линіи BB′ можетъ быть выражена черезъ части линіи B′m' и черезъ An слѣдующимъ образомъ: B′n'=An, если къ B′n' придадимъ f, т. е. поправку отъ сферическаго вида земли то получимъ длину B′m, если къ B′m придадимъ mm' получимъ B′m', отнявъ отсюда A′B и A′m' получимъ B′B и такъ высота B надъ A=B′B=An+f+mn tg mnm'—r—A′B..... (1); но An=A′B; слѣдовательно BB′=f+mn. tg mnm'—r.

Такой способъ опредѣленія относительныхъ высотъ точекъ весьма удобенъ, ибо онъ можетъ одновременно производиться съ мензульною съемкою, что и соединяютъ такимъ образомъ (чер. 288): Предположимъ, что линія AB представляетъ горизонтъ рѣки, а точка D есть крестъ колокольни и требуется опредѣлить высоту точки D надъ горизонтомъ воды, или альтитуду этой точки; для этого избравъ на берегу рѣки какую нибудь точку E, около воды ставятъ рейку, на которой назначена точка, напримѣръ a, означающая высоту инструмента измѣривъ уголъ bna найдемъ изъ тріугольника anb, что ab=, bn. tg x; линія же ab равна EF; стало быть она и опредѣлитъ высоту точки E надъ A, или надъ горизонтомъ воды; потомъ измѣряютъ уголъ наклоненія линіи nD; зная горизонтальное разстояніе между точками D и E, найдемъ высоту точки D надъ E, и слѣдовательно можемъ найдти высоту точки D надъ A такъ: альтитуда точки D есть линія ND; разсмотримъ изъ какихъ частей она состоитъ: NE′+E′F′+F′K+KD, линія NE′ =EF, т. е. высотѣ точки E надъ горизонтомъ воды; пусть это будетъ H, E′F′ это есть высота инструмента, напримѣръ h;F′K есть поправка отъ сферическаго вида земли, напримѣръ m, KD =nD. tang y, но въ дѣйствительности вслѣдствіе рефракціи мы опредѣляемъ не KD, но KM, гдѣ MD есть поправка отъ рефракціи, наприм. r. И такъ альтитуда ND, напримѣръ H′ будетъ равна H+h+m+nD. tg y—r, или H′ = H+h+nD. tg y+f. (гдѣ f есть общая поправка отъ сферическаго вида земли и реф-

ракціи). Предположимъ теперь, что мы желаемъ сдѣлать обратное дѣйствіе, т. е. по извѣстной альтитудѣ точки D опредѣлить альтитуду точки стоянія инструмента, т. е. линію EF; для этого воспользуемся прежде выведенною формулою $H'=H+h+nD\ tg\ y+f$, намъ нужно опредѣлить H, это будетъ $H=H'-h-nD\ tg\ y-f$.... (II). Предположимъ, что требуется опредѣлить альтитуды точекъ P, Z, наприм. крестовъ колоколенъ по извѣстной альтитудѣ точки D; ставъ съ мензулою въ точку, напримѣръ R, измѣряютъ уголъ составленный горизонтальною линіею съ направленіемъ на D и помощію этого угла и горизонтальнаго проложенія DR взятаго по плану, по данной формулѣ (II) опредѣляютъ альтитуду точки R, потомъ измѣряютъ углы наклоненій точекъ P и Z и по формулѣ I опредѣляютъ ихъ альтитуды.

ГЛАВА XXIV.

§ 114. Опредѣленіе паденія линіи.

Паденіемъ линіи называется длина тангенса угла наклоненія.

Если бы можно было точно измѣрить уголъ наклоненія, то тогда весьма легко бы было опредѣлить и длину тангенса; но такъ какъ при нивеллированіи этотъ уголъ измѣряется только приблизительно, то опредѣленіе этой величины дѣлается такъ: пусть (чер. 289) линія AB есть линія пронивеллированная и пусть отмѣтка точки A есть a, а отмѣтка точки B есть b, вообразимъ перпендикуляръ Dm къ линіи AK, на разстояніи отъ точки A равномъ одной сажени, тогда длина линіи Dm и будетъ выражать паденіе линіи; длина же Dm опредѣлится изъ подобія тріугольниковъ KAB и DAm такъ: AD : AK=Dm : KB, откуда $Dm=\frac{AD.KB}{AK}$, но AD равна одной сажени; слѣдователь-

по $Dm = \frac{KB}{AK}$ (выраженная саженями), линія $KB = b - a$, стало быть $Dm = \frac{b-a}{AK}$, т. е. равно разности отмѣтокъ, раздѣленной на горизонтальное проложеніе.

§ 115. Опредѣленіе отмѣтки промежуточной точки, лежащей на линіи нивеллированія.

Чтобы найдти отмѣтку для точки m (чер. 290), лежащей на пронивеллированной линіи AB, отмѣтки окопечныхъ точекъ которой извѣстны, напримѣръ отмѣтка для A есть a, а для B есть b и горизонтальныя проложенія линій AB и Am тоже извѣстны, напримѣръ для AB есть M, а для Am есть $An = N$; предположимъ, что A′B′ есть та горизонтальная плоскость, къ которой были отнесены точки нивеллированія, то видимъ, что отмѣтка точки m есть линія $m'm = m'n + nm$, но линія $m'n$ есть отмѣтка точки A, т. е. a; стало быть $m'm = a + mn$: линія же nm опредѣлится изъ подобія тріугольниковъ ABD и Amn такъ: $mn : DB = An : AD$, откуда $nm = \frac{b-a}{N} M$, но $\frac{b-a}{N}$ есть паденіе линіи AB; слѣдовательно $mn = pM$, а отмѣтка точки m будетъ $a + pM$, т. е. равна отмѣткѣ начальной точки, сложенной съ произведеніемъ паденія линіи на соотвѣтственное горизонтальное проложеніе.

§ 116. Опредѣленіе отмѣтки точки, лежащей внѣ линій нивеллированія.

Предположимъ, что нужно опредѣлить отмѣтку точки, лежащей между линій продольнаго и поперечнаго нивеллированія, по данному горизонтальному разстоянію этой точки отъ линіи поперечнаго и продольнаго нивеллированія, при этомъ должно разсмотрѣть два обстоятельства: когда линіи поперечнаго нивелли-

рованія параллельны между собою и когда онѣ непараллельны. Пусть (чер. 291) линіи поперечнаго нивеллированія параллельны и требуется найдти отмѣтку точки H, по даннымъ горизонтальнымъ разстояніямъ EH и HM (чертежъ представляетъ планъ нивеллированныхъ линій). Такъ какъ нивеллированіе произведено, то будутъ извѣстными: горизонтальныя проложенія AB, AA′, A′F, BB′ и B′D и отмѣтки точекъ A′, F, B′ и D. Пусть эти отмѣтки будутъ: для A′, a; для F, f; для D, h и для B′, b.

Чтобы рѣшить эту задачу, то должно только провести черезъ H линію параллельную AB и опредѣлить отмѣтки крайнихъ точекъ этой линіи, а для этого представляютъ черезъ точку H отвѣсную плоскость, параллельную къ отвѣсной плоскости, проведенной черезъ AB, тогда отвѣсная плоскость, проведенная черезъ точку H пересѣчетъ линіи поперечнаго нивеллированія и мы получимъ точку M, лежащую на линіи A′F и точку N, лежащую на линіи B′D. Такъ какъ точки M и N лежатъ на линіяхъ нивеллированія, то отмѣтка точки M, на основаніи предшествующаго параграфа, будетъ равна $f+p$. FM, гдѣ p есть паденіе линіи A′F, а FM опредѣлится, если изъ AF вычтемъ M′A. На томъ же основаніи отмѣтка точки N будетъ равна $b+p'$. B′N, гдѣ B′N=BN—BB′. И такъ пусть отмѣтка точки M есть x, а точка N есть y. Опредѣляемая точка H лежитъ на линіи MN; слѣдовательно отмѣтка этой точки будетъ $x+p''$. MH, гдѣ p'' есть паденіе линіи MN, которое отдѣлится по отмѣткамъ точекъ M и N и по длинѣ горизонтальнаго проложенія MN.

Когда же линіи поперечнаго нивеллированія будутъ непараллельны, тогда опредѣленіе отмѣтки точки M (чер. 292) будетъ одинаково съ вышеописаннымъ, вся разница состоитъ въ томъ, что при опредѣленіи отмѣтки точки N необходимо знать длину BN и xN, которыя найдутся такъ: вообразивъ, что черезъ B проходитъ линія параллельная къ Aa, то разстояніе BN′ будетъ равно Mf. Уголъ y' найдется, если изъ 180 вычтемъ уголъ ABD, потомъ изъ тріугольника N′BN найдемъ, что $NB=\frac{BN'}{\cos in\, y'}$; $NN'=BN'\ tg\ y'$; и тогда xN=AB—NN′.

§ 117. Опредѣленіе паденія рѣки.

Для опредѣленія паденія рѣки въ дно ея (чер. 293) вбиваютъ свайки такой величины, чтобы концы ихъ выдавались изъ воды (приблизительно дюйма на 2), потомъ по берегу рѣки производятъ продольное нивеллированіе, а высоты сваекъ опредѣляютъ нивеллированіемъ поперечнымъ. Вычисливъ отмѣтки сваекъ, должно придать къ нимъ выступъ той свайки, надъ водою, которой принадлежитъ отмѣтка; а для этого единовременно нѣсколько человѣкъ измѣряютъ выдающіеся концы сваекъ, начиная отъ поверхности воды; придавъ эти величины къ соотвѣтственнымъ отмѣткамъ, получаютъ отмѣтки точекъ поверхности воды, по которымъ уже легко опредѣлится и паденіе рѣки, что и дѣлается точно также, какъ опредѣлялось паденіе линіи.

ГЛАВА XXV.

§ 118. Нивеллированіе небольшихъ пространствъ.

Нивеллированіе небольшихъ открытыхъ пространствъ начинаютъ съ того, что на данной мѣстности проводятъ рядъ параллельныхъ линій, въ различныхъ другъ отъ друга разстояніяхъ, такъ напримѣръ саженяхъ въ 50, или во 100, или въ 150, потомъ къ этимъ линіямъ возставляютъ перпендикуляры и избираютъ тѣ точки, гдѣ должно будетъ ставить рейку, которыя и обозначаютъ нумерованными кольями. Когда такимъ образомъ все будетъ приготовлено, тогда производятъ нивеллированіе продольное и поперечное (способами прежде описанными); причемъ необходимо соединять (нивеллированіемъ) хотя по одной точкѣ двухъ смежныхъ линій нивеллированія, черезъ это получается возможность опредѣлить отмѣтки всѣхъ точекъ от-

носительно одной принятой горизонтальной плоскости, напримѣръ (чер. 294): пусть требуется произвести нивеллированіе участка A*mm'*BDH*nn'*, тогда его разбиваютъ параллельными линіями AB, DE, FH, отстоящими другъ отъ друга сажень на 50 или на 60; къ этимъ линіямъ проводятъ линіи перпендикулярныя, такъ напримѣръ: *a'a*, *bb'* и т. д. Потомъ начинаютъ продольное нивеллированіе отъ точки A къ B, а по линіямъ перпендикулярнымъ производятъ нивеллированіе поперечное; прійдя въ точку B опредѣляютъ относительную высоту ея надъ точкою D, потомъ нивеллируютъ отъ точки D къ E, и прійдя въ точку E опредѣляютъ относительную высоту ея надъ точкою F, потомъ отъ точки F нивеллируютъ къ точкѣ H и дойдя до точки H для повѣрки работъ опредѣляютъ относительную ея высоту надъ точкою D.

Когда полевая работа будетъ окончена, то вычисляютъ отмѣтки точекъ какъ продольнаго, такъ и поперечнаго нивеллированія.

Сначала относительно горизонтальной плоскости, проведенной черезъ начальную точку, отъ чего получимъ высоты точекъ B, D, E, F, H, потомъ опредѣляютъ высоту точки D по H и если этотъ результатъ будетъ сходенъ съ найденнымъ для точки D изъ опредѣленія по точкѣ B, то работа хороша и тогда вычисляютъ отмѣтки всѣхъ точекъ относительно принятой горизонтальной плоскости.

По окончаніи всѣхъ вычисленій составляютъ планъ проннивеллированнаго пространства и на него напосятъ всѣ проннивеллированныя линіи и всѣ нивеллированныя точки, обозначая ихъ тѣми же №№, какими №№ обозначены поставленныя въ этихъ точкахъ колья, а подъ № № подписываютъ соотвѣтственныя отмѣтки краскою.

Профили при такомъ нивеллированіи составляются только по тѣмъ линіямъ, которыя нужны для хозяйственныхъ распоряженій.

Къ составленному плану прилагаютъ подробное описаніе, въ которое вносятъ по порядку №№, всѣ точки съ ихъ отмѣтками, а также описываютъ свойство почвы и подпочвы.

При нивеллированіи болотъ нужно въ нѣсколькихъ точкахъ произвести зондировку и найденную толщину болотнаго слоя приписывать на планѣ къ тѣмъ точкамъ, въ которыхъ была произведена зондировка.

Нивеллированіе малыхъ пространствъ можно производить и такимъ образомъ: разбиваютъ мѣстность на равные квадраты, потомъ ставъ съ нивеллиромъ въ средину I-го квадрата (чер. 295) опредѣляютъ высоты реекъ, поставленныхъ въ точкахъ A, a, a', A', принявъ отмѣтку точки A равною нулю опредѣляютъ высоты точекъ a, a', A' относительно A.

Ставъ въ средину квадрата II, опредѣляютъ высоты реекъ, поставленныхъ въ точкахъ a, b, b', a'; а слѣдовательно можно опредѣлить и высоты точекъ b и b' относительно A и т. д. Точно такую же работу производятъ и въ квадратахъ III, IV, V, опредѣливъ отмѣтки mm', переходятъ въ квадраты VI, VII, VIII, IX, X, XI и XII. Ставъ въ квадратъ XII, опредѣляютъ высоты точекъ A' и a'; сходство отмѣтокъ этихъ точекъ съ отмѣтками опредѣленными при нивеллированіи квадрата I можетъ служить признакомъ точности работъ, т. е. если эту разность раздѣлить на число квадратовъ и частное не будетъ превышать 0,001 сажени, то это удостовѣритъ, что нивеллированіе сдѣлано хорошо; потомъ нивеллируютъ квадраты XIII и XIV; остальные квадраты XV и XVI остаются такъ, ибо угловыя точки ихъ будутъ опредѣлены изъ квадратовъ смежныхъ рядовъ.

Теперь разсмотримъ, какъ уничтожить полученную разность отмѣтокъ. Предположимъ, что отмѣтка точки A', вычисленная изъ I квадрата равна 13,685, а полученная изъ квадрата XII есть 13,698; слѣдовательно на двѣнадцать квадратовъ разность —0,013, а на одинъ квадратъ 0,013 : 12=0,001, что и придавать къ отмѣткамъ съ обратнымъ знакомъ; слѣдовательно искомыя поправки будутъ:

для a и a';+0,001;
для b и b':+0,002;
для h и h';+0,003 и т. д.

Чтобы составить на эту мѣстность нивеллирный планъ, то должно взять двѣ пересѣкающіяся подъ прямымъ угломъ линіи и по длинѣ *Aa*, *ab*, *bh* и т. д. и по разности отмѣтокъ угловыхъ точекъ найдти горизонтальныя проложенія и тогда очень можетъ случиться, что на планѣ вмѣсто квадратовъ получатся прямоугольники; послѣ того при соотвѣтственныхъ точкахъ должно подписать найденныя отмѣтки.

Нивеллированіе пространствъ можно производить небольшими обходами, располагая ихъ такъ, чтобы каждый обходъ былъ окончѣнъ въ одинъ день; самое нивеллированіе производится такъ: пусть (чер. 296) требуется произвести нивеллированіе пространства ABDEFH. Избравъ какую нибудь точку за начало, напримѣръ A, дѣлаютъ обходъ *Aabfhklm*, т. е. измѣряютъ углы *Aab*, *alf* и т. д.; длины линій *Aa*, *ab*, *bf* и т. д. и опредѣляютъ относительныя высоты точекъ: A надъ *a*, *a* надъ *b*, *b* надъ *f*, *f* надъ *h*, *h* надъ *k*, *k* надъ *l*, *l* надъ *m* и *m* надъ A; когда обходъ окончѣнъ, тогда вычисляютъ отмѣтки точекъ *a*, *b*, *f*, *h*, *k*, *l*, *m*, относительно точки A, а также опредѣляютъ и отмѣтку точки A, если разность отмѣтки одной и той же точки не будетъ превышать 0,001 доли сажени на 100 саж. периметра, то можно быть увѣрену, что работа хороша и тогда производятъ исправленіе отмѣтокъ такъ: пусть длина линій *Aa*=37 саж.; *ab*=64; *bf*=32; *fh*=70; *hk*=73; *kl*=68; *lm*=62; *m*A=44; и пусть найденная отмѣтка точки A=—0,005 саж. слѣдовательно на каждую сажень обхода будетъ 0,005 : 490=0,00001, тогда поправки

саж.

для 10=0,0001,
для 20=0,0002,
для 30=0,0003,
для 40=0,0004

и т. д.

И пусть получены слѣдующія отмѣтки. A = 0

$a = +0{,}8642$
$b = +0{,}0851$
$f = -0{,}1486$

$h = -0{,}2308$
$k = -0{,}1660$
$l = +0{,}0123$
$m = -0{,}0935$
$A = -0{,}0052.$

Поправка для отмѣтки $a = +0{,}0006.$

Поправка для отмѣтки b будетъ: поправка для отмѣтки a и поправка для отмѣтки $b = +0{,}0006 + 0{,}0006 = 0{,}0012$
Поправка для f = попр. для $b + 0{,}0005 = +0{,}0017$
Поправка для h = попр. для $f + 0{,}0007 = +0{,}0024$
— — $k = +0{,}0024 + 0{,}0007 = +0{,}0031$
— — $l = +0{,}0031 + 0{,}0007 = +0{,}0038$
— — $m = +0{,}0038 + 0{,}0006 = +0{,}0044$
— — $A = +0{,}0044 + 0{,}0005 = +0{,}0049.$

Тогда исправленныя отмѣтки будутъ:

Для A = 0
— $a = +0{,}865$
— $b = +0{,}087$
— $f = -0{,}147$
— $h = -0{,}228$
— $k = -0{,}163$
— $l = +0{,}016$
— $m = -0{,}089$
— A = 0.

На другой день дѣлается новый обходъ, примыкая его къ обходу начальному, такъ напримѣръ $bb'f'h'k'l'h$ и принявъ для точки b отмѣтку изъ начальнаго обхода, опредѣляютъ отмѣтки точекъ b', f', h', k', l', и h и если отмѣтка точки h будетъ сходна съ отмѣткою этой же точки изъ перваго обхода, то полевыя работы считаютъ хорошими и увязку производятъ точно такъ же, какъ въ обходѣ начальномъ и такимъ образомъ покрываютъ точками всю назначенную мѣстность, по которую и составляютъ нивеллирный планъ съ описаніемъ, точно такъ какъ это было уже описано.

Въ лѣсныхъ мѣстахъ нивеллированіе производится только по квартальнымъ просѣкамъ. А если нужно будетъ опредѣлить

общій склонъ мѣстности, когда лѣсъ еще не вырубленъ, тогда должно произвести нивеллированіе по визирнымъ линіямъ, сдѣланнымъ для выдѣловъ насажденій; но при этомъ непремѣнно должно соблюсти условіе, чтобы точка одного выдѣла соединялась (нивеллированіемъ) съ точкою другаго, и тогда только получится возможность вычислить отмѣтки точекъ относительно одной принятой горизонтальной плоскости, зная ихъ легко будетъ опредѣлить и общій склонъ мѣстности.

ГЛАВА XXVI.

Изображеніе на бумагѣ неровной мѣстности.

Мѣстность со всѣми своими неровностями не можетъ быть изображена на бумагѣ въ томъ видѣ, какъ она дѣйствительно есть въ натурѣ, потому, что бумага представляетъ собою плоскость, по этому и принято неровности земной поверхности изображать на бумагѣ только условно помощію проэкцій.

Неровности земной поверхности можно подраздѣлить: на отдѣльныя возвышенности, или горы; на отдѣльныя впадины или ямы (лощины) и на неровности вообще.

Прежде, нежели показать способы изображенія неровностей земной поверхности на бумагѣ, считаю не лишнимъ объяснить нѣкоторые термины (чер. 297).

1) Всякое отдѣльное возвышеніе имѣетъ одну точку высшую и потому ее принято называть вершиною (B).

2) Если вообразить подъ возвышеннстію горизонтальную плоскость, почти сливающуюся съ окружающею поверхностію земли, то принято плоскость эту называть основаніемъ (MN).

3) Поверхность возвышенности пересѣкая основаніе изобразитъ кривую линію, которую и принято называть подошвою ($Aff'f''$ $A'a'''a^{IV}a^{V}$).

4) Вертикальною высотою или осью возвышенности принято называть перпендикуляръ опущенный изъ вершины на основаніе (BB′).

5) Линіями склоненія горы принято называть тѣ линіи, которыя показываютъ наклоненіе поверхности горы къ ея основанію (AB, BA′) и т. п.

6) Горизонталями вообще принято называть тѣ кривыя линіи, которыя произойдутъ отъ пересѣченія поверхности земли съ горизонтальными плоскостями.

При проведеніи горизонтальныхъ плоскостей принимается за правило, чтобы горизонтальныя плоскости отстояли другъ отъ друга на одинаковомъ разстояніи.

7) Профилемъ вообще называется кривая линія, полученная отъ пересѣченія земной поверхности отвѣсною плоскостію, а профилемъ горы называютъ ту кривую линію, которая произойдетъ отъ сѣченія поверхности горы съ отвѣсною плоскостію проведенною черезъ ось горы.

8) Нивеллирнымъ планомъ возвышенности принято называть графическое изображеніе на бумагѣ ряда проэктированныхъ горизонталей, съ обозначеніемъ отмѣтокъ опредѣленныхъ точекъ или только съ обозначеніемъ №№ горизонталей.

§ 119. Проэкціи горизонтальныхъ сѣченій.

По плану возвышенности можно судить о положеніи отлогостей горы, идѣйствительно гдѣ горизонтали ближе сходятся другъ съ другомъ, тамъ уголъ наклоненія болѣе, и на оборотъ, гдѣ горизонтали расходятся болѣе, тамъ уголъ наклоненія менѣе.

Чтобы это лучше видѣть, то вообразимъ прямой конусъ (чер. 298) ABD, раздѣливъ его высоту BB″ на равныя части, проведемъ черезъ точки дѣленія плоскости параллельныя съ основаніемъ AD, полученныя въ сѣченіи линіи будутъ окружности различныхъ радіусовъ.

Вообразимъ, что изъ концевъ діаметровъ этихъ окружностей опущены перпендикуляры на основаніе, отъ чего на основаніи

AD получатся тѣ же окружности, которыя и будутъ проэкціями сѣченій.

Разсмотримъ теперь на какомъ разстояніи другъ отъ друга будутъ находиться эти окружности. По равенству линій BB′, B′B$_3$, B$_3$B$_4$, B$_4$B″; линіи B′f, bb_2, aa_2, AA′ тоже будутъ равны; слѣдовательно и AA′, A′A″, A″A‴ и A‴B″ и т. д. тоже будутъ равны, т. е. на проэкціи окружности будутъ равно относпщія; при этомъ нужно замѣтить, что углы Bff' = fbb'=baa' = aAD всѣ равны между собою; но эти углы есть ничто иное, какъ углы наклоненія, и такъ изъ этого можемъ заключить, что для одинаковыхъ угловъ наклоненій, горизонтали будутъ равно отстоящія.

Доказавши, что для одного и того же угла наклоненія горизонтали будутъ равно отстоящія, разсмотримъ какъ проэктируются горизонтали для различныхъ угловъ наклоненія.

Предположимъ (чер. 299), что мы имѣемъ рядъ равно отстоящихъ горизонтальныхъ линій. Проведемъ къ отвѣсной линіи AB линію Aa подъ угломъ въ 85°, при точкѣ a къ отвѣсной линіи an проведемъ линію aa^2, подъ угломъ въ 80°, при точкѣ a^2 къ отвѣсной линіи a^2n' проведемъ линію a^2a^3 подъ угломъ въ 75° и т. д.; отъ чего получимъ слѣдующіе углы: x=5°; x'=10°; x''=15°; x^3=20°; x^4=25°; x^5=30°; x^6=35°; x^7=40° и x^8=45°. Вообразимъ теперь, что ломанная Aaa^2a^3 .... D, сдѣластъ полный оборотъ около отвѣсной линіи AB, тогда образуются слѣдующія поверхности, именно: Aa, опишетъ боковую поверхность цѣлаго конуса, а остальныя, т. е. aa^2, a^2a^3 и т. д. опишутъ боковыя поверхности усѣченныхъ конусовъ. Проэкціи основаній всѣхъ конусовъ на плоскости, описанной линіею BD, будутъ концентрическія окружности, имѣющія радіусами линіи равныя радіусамъ окружностей нижнихъ основаній конусовъ; слѣдовательно проэкція радіуса aa' будетъ nB; проэкція радіуса a^2b' будетъ n'B и т. д. Теперь остается разсмотрѣть какой длины будутъ проэкціи этихъ радіусовъ.

Длина aa'=Aa' Colg 5°

— a^2m=am Colg 10°

— a^3m'=a^2m' Colg 15°

— $a^4m''=a^3m''$ Cotg 20^0
— $a^5m^3=a^4m^3$ Cotg 25^0
— $a^6m^4=a^5m^4$ Cotg 30^0
— $a^7m^5=a^6m^5$ Cotg 35^0
— $a^8m^6=a^7m^6$ Cotg 40^0
— $Dm^7=a^8m^7$ Cotg 45^0

Но такъ какъ $Aa'=a'b'=b'h''$ и т. д.; слѣдовательно $a'A=am=a^2m'=a^3m''$ и т. д. Стало быть:

aa' =Aa' Cotg 5
a^2m=Aa' Cotg 10
a^3m'=Aa' Cotg 15
a^4m'=Aa' Cotg 20
a^5m^3=Aa' Cotg 25
a^6m^4=Aa' Cotg 30
a^7m^5=Aa' Cotg 35
a^8m^6=Aa' Cotg 40
Dm^7=Aa' Cotg 45.

Изъ этого мы можемъ сдѣлать такое заключеніе, такъ какъ одна и та же величина умножается на Cotg угла наклоненія и при томъ извѣстно, что съ увеличеніемъ угла, Cotg его уменьшается, слѣдовательно $a'a > a^2m > a^3m' > a^4m_2$ и т. д. или $nB > n'n > n^2n' > n^3n^2$ и т. д.; т. е. съ увеличеніемъ угловъ наклоненія проэкціи горизонталей сближаются. Вставя вмѣсто Aa' равную ей величину aa'. tg 5^0 получимъ.

aa' =aa' tg 5. Cotg 5 или aa'
a^2m =aa' tg 5. Cotg 10 = $\frac{\text{tg } 5}{\text{tg } 10}$ aa'
a^3m'=aa' tg 3. Cotg 15 = $\frac{\text{tg } 5}{\text{tg } 15}$ aa'
a^4m^2=aa' tg 5. Cotg 20 = $\frac{\text{tg } 5}{\text{tg } 20}$ aa'
a^5m^3=aa' tg 5. Cotg 25 = $\frac{\text{tg } 5}{\text{tg } 25}$ aa'
a^6m^4=aa' tg 5. Cotg 30 = $\frac{\text{tg } 5}{\text{tg } 30}$ aa'

$$a^7m^5 = aa' \operatorname{tg} 5. \operatorname{Cotg} 35 = \frac{\operatorname{tg} 5}{\operatorname{tg} 35} aa'$$

$$a^8m^6 = aa' \operatorname{tg} 5. \operatorname{Cotg} 40 = \frac{\operatorname{tg} 5}{\operatorname{tg} 40} aa'$$

$$Dm^7 = aa' \operatorname{tg} 5. \operatorname{Cotg} 45 = \frac{\operatorname{tg} 5}{\operatorname{tg} 45} aa'$$

Но отношенія тагенсовъ мы безъ чувствительной погрѣшности можемъ замѣнить такъ: tg 5°: tg 10 = 1 : 2; tg 5 къ tg 15=1 : 3 и т. д. и тогда получимъ, что $a^2m = \frac{aa'}{2}$; $a^3m' = \frac{aa'}{3}$; $a^4m^2 = \frac{aa'}{4}$; $a^5m^3 = \frac{aa'}{5}$; $a^6m^4 = \frac{aa'}{6}$; $a^7m^5 = \frac{aa'}{7}$, $a^8m^6 = \frac{aa'}{8}$ и $Dm^7 = \frac{aa'}{9}$.

Изъ всего этого мы можемъ заключить, что проэкціи горизонтальныхъ сѣченій съ увеличеніемъ угла наклоненія все болѣе и болѣе приближаются другъ къ другу.

Теперь вообразимъ (чер. 300) косой конусъ ABD и сдѣлаемъ сѣченія равно отстоящими горизонтальными плоскостями; проэктировавъ полученныя окружности видимъ, что онѣ проэктируются окружностями, но во 1-хъ, не концентрическими, и во 2-хъ, съ той стороны, которая имѣетъ бо́льшій уголъ наклоненія, проэкціи будутъ ближе другъ къ другу.

Инструментальное назначеніе горизонталей производится: или помощію нивеллировъ, или помощію кипрегеля съ секторомъ.

§ 120. Назначеніе горизонталей нивеллирнымъ инструментомъ.

Если горизонтальныя сѣченія дѣлаются на горѣ, то дѣйствія располагаются такъ: предположимъ, что (чер.301) BAM есть та гора, на которой нужно назначить горизонтальныя сѣченія. Избравъ самую высокую точку на горѣ, наприм. A, провѣшиваютъ отъ нея нѣсколько линій AB, AE, AD и т. д. (чѣмъ болѣе провѣшить линій, тѣмъ точнѣе можно назначить горизонтали),

при этомъ нужно принять за правило, чтобы провѣшенныя линіи шли по главнымъ скатамъ горы. Когда это будетъ приготовлено, тогда въ точку А ставятъ горизонтально нивеллиръ и опредѣляютъ румбы всѣхъ провѣшенныхъ линій, которые и записываютъ въ журналъ, потомъ къ измѣренной высотѣ инструмента придаютъ ту величину, на разстояніи которой желаютъ провести горизонтали, такъ напримѣръ: футъ, два, или болѣе; предположимъ, что требуется провести горизонтали отстоящія другъ отъ друга по вертикальной высотѣ на пол-сажени; слѣдовательно цѣль на рейкѣ должно поставить такъ, чтобы длина рейки отъ нижняго конца и до цѣли выражала высоту инструмента, сложенную съ полусаженью, и тогда съ этою рейкою посылаютъ по одной изъ провѣшенныхъ линій, напримѣръ по АВ; несущій рейку перестанавливаетъ ее по этой линіи до тѣхъ поръ, пока горизонтальный волосокъ покроетъ цѣль рейки, тогда въ точку стоянія рейки ставятъ колышекъ съ № 1 и измѣряютъ разстояніе отъ него до точки А. Зная разстояніе отъ кола № 1 до А и высоту точки А надъ точкою стоянія рейки легко по таблицѣ № 2 (приложенной въ концѣ тетради чертеж.) найдти уголъ наклоненія этой линіи а также и горизонтальное ея проложеніе. Потомъ съ этою рейкою переходятъ на другую смежную линію, напримѣръ на АЕ и опять переставляютъ рейку до тѣхъ поръ, пока горизонтальный волосокъ покроетъ цѣль. Въ точку стоянія рейки вбиваютъ колъ тоже съ № 1 и измѣряютъ разстояніе отъ кола до А.

Точно то же дѣлаютъ перенося рейку на всѣ провѣшенныя линіи. Очевидно, что всѣ точки, обозначенныя кольями съ № 1 будутъ лежать ниже точки А на полсажени; слѣдовательно всѣ онѣ будутъ въ одной горизонтальной плоскости. Потомъ бывшую высоту рейки увеличиваютъ еще на полсажени, и снова идя по линіи АВ переставляютъ ее до тѣхъ поръ, пока горизонтальный волосокъ покроетъ цѣль, тогда точку стоянія рейки обозначаютъ коломъ съ № 2 и отъ него промѣряютъ до кола съ № 1. Зная эту длину и высоту точки № 1, надъ точкою № 2, по таблицѣ № 2, легко найдти уголъ наклоненія этой линіи и ея горизонтальное проложеніе. Не измѣняя цѣли

на рейкѣ, переносятъ ее и по всѣмъ провѣшеннымъ линіямъ, производя описанный пріемъ, тогда точки, обозначенныя кольями съ № 2 будутъ лежать ниже точки А на одну сажень; слѣдовательно всѣ будутъ въ одной горизонтальной плоскости. Увеличивъ имѣющуюся высоту рейки еще на полсажени опять идутъ по линіи АВ до тѣхъ поръ, пока горизонтальный волосокъ покроетъ цѣль; при этомъ точку стоянія рейки обозначаютъ коломъ съ № 3 и разстояніе отъ него до кола № 2 измѣряютъ. Съ этою рейкою опять обходятъ по всѣмъ линіямъ, отъ чего и получится рядъ точекъ, лежащихъ ниже точки А на $1^1/_2$ сажени; стало быть всѣ онѣ тоже будутъ находиться въ одной горизонтальной плоскости.

Когда высоту рейки болѣе увеличивать уже нельзя, тогда инструментъ переносятъ въ послѣднюю точку стоянія рейки, напримѣръ въ № 3; приведя инструментъ въ горизонтальное положеніе измѣряютъ его высоту и устанавливаютъ цѣль на рейкѣ такъ, чтобы длина ея отъ нижняго конца и до цѣли была равна высотѣ инструмента, сложенной съ полусаженью. Съ этой рейкою идутъ по линіи АВ до тѣхъ поръ, пока горизонтальный волосокъ покростъ цѣль и въ эту точку стоянія рейки ставятъ колъ съ № 4, разстояніе отъ него до № 3 измѣряютъ. Увеличивъ высоту рейки еще на полсажени снова идутъ по линіи АВ и продолжаютъ описанное дѣйствіе до самой подошвы горы. Точно то же дѣлаютъ и по всѣмъ провѣшеннымъ линіямъ. Такъ какъ точка А будетъ на одинаковую величину выше всѣхъ точекъ, обозначенныхъ кольями съ одинаковыми нумерами, то слѣдовательно всѣ эти точки будутъ находиться въ одной горизонтальной плоскости.

При этомъ дѣйствіи ведутъ журналъ, форма котораго приложена въ концѣ книги чертежей подъ № 7.

Если тѣ линіи, по которымъ ставятъ рейку будутъ далеко другъ отъ друга, то нужно опредѣлять точки между ними, такъ напр. точки N, N′ и т. п.

Когда полевыя работы будутъ окончены, тогда составляютъ планъ на снятую гору такимъ образомъ: проведенную на бумагѣ прямую линію (черт. 302) NS принимаютъ за направле-

ніе меридіана, а взятую на ней точку A принимаютъ за вершину горы, и по румбическимъ угламъ наносятъ отъ точки A линіи AB, AE, AD и т. д.; на этихъ линіяхъ откладываютъ вычисленныя горизонтальныя проложенія линій A № 1, № 1 и № 2 и т. д. (соотвѣтственно линіямъ мѣстности); соединивъ между собою точки, означенныя одинаковыми нумерами, получимъ рядъ кривыхъ или планъ горы.

Если потребуется назначить горизонтали, напримѣръ на болотѣ, то данную мѣстность разбиваютъ на равные квадраты и производятъ нивеллированіе точно такъ, какъ это описано въ § 118.

Имѣя нивеллирный планъ, для назначенія горизонталей поступаютъ такъ: предположимъ (черт. 303), что мы имѣемъ нивеллирный планъ ADMK изъ четырехъ квадратовъ и дано, что высоты точекъ опредѣленныя относительно какой нибудь извѣстной и опредѣленной горизонтальной плоскости суть слѣдующія:

A = 47,5 саж.
B = 46,4 —
D = 48,2 —
E = 49,35 —
F = 50,3 —
H = 49,0 —
K = 50,5 —
L = 48,4 —
M = 48,46 —

и требуется на этомъ планѣ назначить положеніе горизонталей, отстоящихъ по вертикальной высотѣ другъ отъ друга на 0,5 сажени.

При этомъ извѣстно, что каждый бокъ квадрата, т. е. AB, BD и т. д. равенъ 20 саженямъ.

Прежде всего опредѣляемъ, какая горизонталь должна пройдти черезъ точку напр. A; для этого 47,5 раздѣляю на 0,5 и получаю 95; слѣдовательно черезъ A проходитъ 95 горизонталь.

Чтобы опредѣлить какая горизонталь пройдетъ черезъ B, то 46,4 раздѣляю на 0,5 и получаю частное 92 и остатокъ 4; ста-

ло быть точка B лежитъ выше 92-й горизонтали на 0,4 саж. и ниже 93-й на 0,1 саж.; и такъ чтобы назначить мѣсто 93 горизонтали, то разсматриваю (чер. 304) Aa, т. е. высота A надъ B=1,1; ab есть вертикальное разстояніе 93 горизонтали отъ B=0,1 сажени; чтобы назначить точку b', т. е. проэкцію той точки b'', гдѣ 93 горизонталь пересѣкаетъ AB, то нужно опредѣлить Bb'; для этого составляю слѣдующую пропорцію: Ba : Bb' = Aa : $b'b''$ или $20 : x = 1{,}1 : 0{,}1$; $x = \frac{20 \times 0{,}1}{1{,}1} = \frac{20}{11} = 1{,}8$ сажени; (чер. 303) отдѣливъ отъ B къ A величину 1,8 получимъ точку B′, т. е. мѣсто 93 горизонтали. Раздѣливъ AB′ пополамъ получаю точку B″, черезъ которую должна пройдти 94 горизонталь.

Чтобы опредѣлить какая горизонталь проходитъ черезъ D, то $48{,}2 : 05 = 96$ и остается въ остаткѣ 2; слѣдовательно точка D лежитъ выше 96 горизонтали, и такъ между точками B и D должны пройдти 93, 94, 95 и 96 горизонтали.

Чтобы опредѣлить мѣсто 93 и 96 горизонтали поступаютъ такъ: зная, что точка B лежитъ ниже 93 горизонтали на 0,1 сажени, и что точка D выше B на 1,8 сажени, то составимъ пропорцію $1{,}8 : 0{,}1 = 20 : x$; $x = \frac{20}{18} = \frac{10}{9} = 1{,}1$ саж., отложивъ отъ B по BD 1,1 получимъ точку D^1, черезъ которую должна идти 93 горизонталь. Чтобы опредѣлить мѣсто 96 горизонтали, то поступаютъ такъ: зная, что точка D выше B на 1,8 саж. и что D выше 96 горизонтали на 0,2 сажени, то и составляемъ пропорцію: $1{,}8 : 0{,}2 = 20 : x$; $x = \frac{40}{18} = \frac{20}{9} = 2{,}2$ сажени; отложивъ отъ D по DB 2,2 сажени получимъ точку D″, черезъ которую должна идти 96 горизонталь; такъ какъ между D′ и D″ должны пройдти 94 и 95 горизонтали, то и раздѣляемъ D′D″ на три равныя части отъ чего и получимъ точки D‴, D^{IV}, изъ нихъ D‴ будетъ мѣсто для 94 горизонтали, а D^{IV} мѣсто для 95 горизонтали.

Теперь опредѣляемъ горизонтали по линіи AH: высота точки H есть 49 сажень, чтобы опредѣлить какая горизонталь пройдетъ черезъ H, то должно 49 раздѣлить на 0,5 и это будетъ $49{,}0 : 0{,}5 = 98$, т. е. черезъ H идетъ 98 горизонталь. И такъ между точками A и H

должны пройдти 96 и 97 горизонтали; чтобы назначить имъ мѣста, то должно раздѣлить AH на три равныя части, отъ чего и получимъ: точки: H′ мѣсто 96 горизонтали и H″ вмѣсто 97-й. Чтобы назначить мѣста горизонталей по линіи BF, то опредѣлимъ гдѣ будетъ лежать точка F, для чего 50,3 раздѣлимъ на 0,5, т. е. 50,3 : 0,5 = 100, остатокъ три показываетъ, что точка F лежитъ выше 100 горизонтали на 0,3 сажени; стало быть между точками B и F будутъ проходить 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99 и 100 горизонтали, а чтобы обозначить мѣста ихъ, то сначала нужно опредѣлить мѣста для 93 и для 100 горизонтали. Зная, что точка B ниже 93 горизонтали на 0,1 и что F выше B на 3,9 саж. составимъ пропорцію $3{,}9 : 0{,}1 = 20 : x$, откуда $x = \frac{20}{39}$, или можно взять 0,5 саж.; отложивъ отъ B по BF 0,5 получимъ точку m мѣсто для 93 горизонтали, тогда точки B′, m, D′ соединяемъ и получимъ самую 93 горизонталь.

Для нахожденія мѣста 100 горизонтали имѣемъ, что F лежитъ выше ея на 0,3 саж., слѣдовательно $3{,}9 : 0{,}3 = 20 : x$; $x = \frac{60}{39} = 1{,}5$; отложивъ отъ F по FB 1,5 сажени получимъ m' точку, черезъ которую идетъ 100 горизонталь и такъ далѣе.

§121. Назначеніе горизонталей помощію кипрегеля или дальномѣра.

Назначеніе горизонталей помощію кипрегеля или дальномѣра начинается опредѣленіемъ относительныхъ высотъ точекъ, что и дѣлается такъ какъ было описано въ § 113 и при томъ если употребляемъ дальномѣръ, то и разстоянія опредѣляются дальномѣромъ при самыхъ работахъ; имѣя же высоты точекъ самое производство назначенія горизонталей дѣлается такъ (чер. 305): предположимъ, что точки A и B суть точки тригонометрической сѣти, и что высота точки A надъ извѣстною горизонтальною плоскостію или надъ поверхностію моря есть 94,5 сажени, а вы-

сота точки B 101,8 сажени требуется назначить горизонтали по вертикальному разстоянію черезъ каждыя $^1/_4$ сажени; для этого избравъ точкою стоянія b опредѣляютъ высоты точекъ, напримѣръ a, h, f, p, r, а потомъ избравъ точкою стоянія m опредѣляютъ высоты точекъ l, n, k, (руководствуясь правиломъ, описаннымъ въ § 113) и пусть нашли слѣдующія высоты:

для b — 90,043 саж.
для a — 90,607 —
для h — 91,058 —
для f — 89,257 —
для p — 88,946 —
для r — 88,000 —
для m — 96,901 —
для l — 97,820 —

и т. д.

Зная это, горизонтали назначаются подобно тому, какъ описано въ § 120; при чемъ если употребляется кипрегель, то горизонтальныя разстоянія между этими точками берутся прямо съ мензулы, а если дальномѣръ, то опредѣляются непосредственно.

При практическихъ работахъ по большей части употребляется способъ графическій, онъ состоитъ въ слѣдующемъ: строятъ такъ называемый масштабъ горизонталей (чер. 306), гдѣ линія AB берется въ 10 дюймовъ, изъ точки B возставляется перпендикуляръ, на которомъ откладываютъ длины тангенсовъ угловъ для 10′, 20′ и т. д. вычисленные при радіусѣ въ 100 частей, въ масштабѣ въ 5 разъ большемъ, т. е. принимая дюймъ за 2 сажени; потомъ внизу на линіяхъ DE и FH строятъ масштабъ; на линіи DE дѣлятъ дюймъ на 20 частей, а на линіи FH дюймъ дѣлятъ на 10 частей.

Употребляется этотъ масштабъ такъ: если съемка производится въ сотенномъ масштабѣ и горизонтали проводятся черезъ 1 сажень, или въ масштабѣ 50 сажень и горизонтали проводятся черезъ $^1/_2$ сажени, то употребляется масштабъ DE. Если же съемка производится въ сотенномъ масштабѣ и горизонтали проводятся черезъ двѣ сажени, или въ масштабѣ 50 сажень и

горизонтали проводятся черезъ одну сажень, то употребляется масштабъ FH. И такъ предположимъ, что черезъ точку стоянія мензулы проходитъ 94,5 горизонталь, и на слѣдующую точку измѣренъ уголъ пониженія 4° 30′, взявъ по плану горизонтальное разстояніе наносятъ его отъ A по линіи AB и пусть оно кончится въ x, тогда берутъ длину перпендикуляра xy и наносятъ на масштабъ DE отъ точки D и пусть это падетъ на 14 дѣленій; слѣдовательно горизонталь, идущая черезъ новую точку, будетъ 94,5—14, т. е. 80,5 горизонталь.

Если же будетъ найденъ уголъ повышенія, напримѣръ 2°15′, то взявъ длину перпендикуляра, пусть нашли 3,3; слѣдовательно черезъ эту точку идетъ 94,5+3,3=97,8 горизонталь.

§ 122. Сближеніе горизонталей.

Вслѣдствіе того, что горизонтали при меньшихъ углахъ наклоненій расходятся гораздо болѣе чѣмъ при большихъ углахъ наклоненій, очень часто встрѣчается надобность сблизить ихъ, т. е. между двумя послѣдовательными горизонталями провести еще одну или двѣ новыхъ, при чемъ необходимо сдѣлать это соотвѣтственно угламъ наклоненій, поэтому и выведемъ то правило, которое существуетъ для сближенія горизонталей.

Въ § 119 мы вывели (чер. 299)

что $a^2m = \frac{aa'}{2}$

$a^3m' = \frac{aa'}{3}$

$a^4m^2 = \frac{aa'}{4}$

$a^5m^3 = \frac{aa'}{5}$

$a^6m^4 = \frac{aa'}{6}$

$a^7m^5 = \frac{aa'}{7}$

$$a^8m^6 = \frac{aa'}{8}$$

$$Dm^7 = \frac{aa'}{9}$$

Стало быть если принять проэкцію покатости для угла наклоненія въ 5^0 равною единицѣ; т. е, aa' равна единицѣ, то подставя получимъ что проэкціи:

для угла наклоненія

въ 10^0	будетъ равна	$^1/_2$
— 15	—	$^1/_3$
— 20	—	$^1/_4$
— 25	—	$^1/_5$
— 30	—	$^1/_6$
— 35	—	$^1/_7$
— 40	—	$^1/_8$
— 45	—	$^1/_9$.

проэкціи aa'

Таблица эта употребляется такъ: пусть (чер. 307) $abfhm$ и $a'b'f'h'm'$ данныя горизонтали и требуется черезъ точку M провести новую горизонталь и предположимъ, что уголъ наклоненія линіи $aa' = 5^0$; а уголъ наклоненія $bb' = 20^0$, тогда отъ b должно отложить $^1/_4$ длины aM, на линіи ff', имѣющей уголъ наклоненія въ 15^0, отъ f должно отложить $^1/_3$ длины aM, на линіи hh', имѣющей уголъ наклоненія въ 30^0, отъ h должно отложить $^1/_6$ длины aM и на линіи mm', имѣющей уголъ наклоненія въ 10^0, отъ m должно отложить $^1/_2$ длины aM. Соединивъ полученныя точки такъ: M съ n, n съ n', n' съ n'' и n'' съ n''' получимъ требуемую горизонталь.

§ 123. Составленіе профилей по данному плану горы и по даннымъ угламъ наклоненія.

Пусть (чер. 308) AFN представляетъ гору, а кривыя BM, DK, EH горизонтальныя сѣченія, которыя на планѣ изображаются кривыми: A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3 и A_4B_4 и пусть требуется по этому плану и по угламъ наклоненія линій AB, BD и т. д. составить профиль, напримѣръ по линіи A_1B_1; стало быть за-

дача состоитъ въ томъ, чтобы опредѣлить отмѣтки точекъ: B, D, E, F, H, K, M, относительно основанія горы AN; а это можно сдѣлать такъ: отмѣтка точки B есть линія Bb, которая есть катетъ прямоугольнаго тріугольника ABb, слѣдовательно $Bb = Ab \operatorname{tg} x$, гдѣ Ab есть горизонтальное проложеніе линіи AB взятое съ плана, т. е. A_1A_2; уголъ x есть уголъ наклоненія линіи AB. Отмѣтка точки D, т. е. линія Dm равна $mb' + b'D$, но $mb' = Bb$, стало быть нужно только найдти Db', а Db' будучи катетомъ прямоугольнаго треугольника BDb' найдется такъ: $b'D = Bb' \operatorname{tg} y$; точно также опредѣлятся отмѣтки точекъ: E, т. е. Em^1; F, т. е. Fm_2; H, т. е. Hm_3; K, т. е. Km_4; M, т. е. Mm_5.

Имѣя отмѣтки профиль начертится такъ: сначала проводятъ линію an' параллельно AB, и изъ точекъ A', A_2, A_3, A_4, B, B_4, B_3, B_2, B' опускаютъ на нее, перпендикуляры, т. е. $A'a$, A_2a', A_3a_2 и т. д. потомъ на перпендикулярѣ A_2a', откладываютъ отъ a' длину отмѣтки точки B, т. е. Bb отъ чего и получимъ точку b_2, на перпендикулярѣ A_3a_2 откладываютъ отъ a_2 линію a_2f, равную отмѣтки точки D, т. е. Dm и т. д., потомъ должно соединить a съ b_2, b_2 съ f, f съ h, h съ n, n съ h', h' съ f', f' съ b''', b''' съ n' и полученная ломанная линія будетъ представлять профиль горы.

§ 124. Изображеніе неровностей мѣстности по системѣ Лемана.

Г. Леманъ предложилъ изображать на планахъ неровности мѣстности штрихами, съ соблюденіемъ слѣдующихъ правилъ: 1) чтобы толстота штриховъ выражала степень крутизны и 2) чтобы направленіе штриховъ выражало направленіе покатостей.

Г. Леманъ основалъ свое предложеніе на слѣдующемъ: плоскость тѣмъ болѣе будетъ освѣщена, чѣмъ направленіе освѣщающихъ лучей будетъ болѣе приближаться къ перпендикуляру, опущенному на эту плоскость.

Если вообразить мѣстность освѣщенную рядомъ параллельныхъ лучей перпендикулярныхъ къ горизонтальной плоскости, то очевидно, что мѣста отлогія, т. е. имѣющія меньшіе углы наклоненій будутъ освѣщены болѣе тѣхъ, которыя круче, т. е. которыхъ углы наклоненій болѣе. Руководствуясь такими соображеніями, Г. Леманъ принялъ за правило: покатости, имѣющія уголъ наклоненія въ 45° и болѣе, покрывать черною тушью, какъ мѣста неприступныя; а для покатостей, имѣющихъ уголъ наклоненія менѣе 45°, онъ положилъ, что степень тѣни должна относиться къ степени свѣта (т. е. толстота штриха къ промежутку между штрихами), точно такъ, какъ уголъ наклоненія покатости относится къ своему дополненію до 45 градусовъ.

Примѣчаніе. Такое отношеніе основано на законѣ отраженія свѣта. Предположимъ, что шаръ A, (чер. 309, ограниченный безчисленнымъ множествомъ безконечно малыхъ плоскостей, освѣщенъ рядомъ параллельныхъ лучей a, a', a'' и т. д. перпендикулярныхъ къ горизонтальной плоскости bf. Лучь a падая совершенно перпендикулярно на плоскость bf отразится отъ нея потому же направленію и потому точка b будетъ имѣть полное освѣщеніе. Лучь $a'b'$ падая на горизонтальную плоскость mm неперпендикулярно, освѣтитъ точку b' менѣе нежели освѣщена точка b, потому что онъ отразится отъ плоскости mm и пойдетъ по направленію $b'n$. Если вообразить плоскость $b'f$ параллельную къ bf, то вслѣдствіе отраженія луча $b'n$ уголъ $f'b'b'$ останется не освѣщеннымъ; стало быть онъ и выразитъ собою степень тѣни; между тѣмъ уголъ $nb'f'$ выразитъ степень свѣта точки b'. И такъ найдемъ теперь отношеніе между этими углами: пусть уголъ $f'b'b''$ есть h, а уголъ $nb'f'$ есть t. Уголъ $h=x$, ибо $b'a'$ перпендикулярна къ $f'b'$, а lb' перпендикулярна къ mm, но уголъ $x=y$, какъ уголъ паденія и уголъ отраженія; слѣдовательно уголъ $h=y$. Уголъ $a'b'n=x+y=2y=2h$. Уголъ $t=90-2h$ или $t=45^0-h$. Теперь возьмемъ отношеніе этихъ угловъ, т. е. $h:t$, но это отношеніе равно $h:(45-h)$, гдѣ уголъ h есть уголъ наклоненія безконечно малой плоскости mm, слѣдовательно отношеніе h къ t, или отношеніе h къ (45^0-h) показываетъ, что степень тѣни относится къ степени свѣта; такъ какъ уголъ наклоненія къ своему дополненію до 45 градусовъ.

На основаніи этого можно составить слѣдующую таблицу отношеній штриховъ къ ихъ промежуткамъ.

Углы наклоненія . . .	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Дополненія угловъ наклоненій до 45 градусовъ.	40	35	30	25	20	15	10	5	0
Отношеніе штриха къ промежутку.	1:8	2:7	3:6	4:5	5:4	6:3	7:2	8:1	9:0

И такъ для изображенія покатостей, имѣющихъ уголъ наклоненія въ 5°, должно налагать штрихи такъ, чтобы толщина штриха могла помѣститься въ промежуткѣ между штрихами 8 разъ. Для 10° толстота штриха въ промежуткѣ должна помѣщаться $3\frac{1}{2}$ и при этомъ штрихъ долженъ быть вдвое толще штриха для 5°.

Для 15°, (штрихъ въ пром.) 2 раза, и штрихъ въ 3 толще штриха 5°.
для 20° — — $1\frac{1}{4}$ — въ 4 толще.
для 25° (промежут. въ штр.) $1\frac{1}{4}$ — въ 5 толще.
для 30° — — 2 — въ 6 толще.
для 35° — — $3\frac{1}{2}$ — въ 7 толще.
для 40° — — 8 — въ 8 толще.
для 0° бѣлое мѣсто для 45 сплошною тушью.

Имѣя эту таблицу, можно по данному плану (если на вѣрность вычерченія его можно положиться) опредѣлить углы наклоненій мѣстности, для чего нужно только опредѣлить, сколько разъ толстота штриха будетъ содержаться въ промежуткѣ, или на оборотъ, сколько разъ ширина промежутка будетъ помѣщаться въ толстотѣ штриха, и по найденному числу, изъ таблицы легко опредѣлить величину угла наклоненія, такъ напримѣръ: пусть нашли, что ширина штриха содержится въ промежуткѣ $3\frac{1}{2}$ раза, слѣдовательно отношеніе степени тѣни къ степени свѣта будетъ 2 къ 7, а такому отношенію изъ таблицы соотвѣтствуетъ уголъ наклоненія въ 10°, или пусть нашли, что промежутокъ помѣщается въ ширинѣ штриха $3\frac{1}{2}$ раза; стало быть отношеніе степени тѣни къ степени свѣта будетъ 7 къ 2, а по таблицѣ этому отношенію соотвѣтствуетъ уголъ въ 35° и т. д.

Предложеніе г. Лемана относительно направленія штриховъ есть слѣдующее: штрихи должно располагать перпендикулярно къ горизонталямъ. Здѣсь онъ руководствовался тѣмъ, что на-

правленіе штриха должно выражать направленіе линіи наибольшаго паденія; линія же наибольшаго паденія есть та, по которой будетъ стремиться свободно катящееся тѣло; а такъ какъ свободно катящееся тѣло избираетъ наибольшій уголъ, то очевидно, что линіи выражающія его всегда будутъ перпендикулярны къ горизонтальнымъ сѣченіямъ.

Разсмотримъ это: пусть B′DFA′ (чер. 310) есть наклонная плоскость, а HDFE есть горизонтальная плоскость; если пустить тѣло *a* свободно катиться по наклонной плоскости, то оно будетъ избирать самый наибольшій уголъ наклоненія.

Предположимъ, что путь тѣла будетъ линія *ab*, проэктировавъ эту линію на горизонтальную плоскость получимъ самый наибольшій уголъ *a′ba*; а мы знаемъ, что двугранный уголъ измѣряется самымъ наибольшимъ угломъ, который образуется линіями перпендикулярными къ его ребру, слѣдовательно, линія *ab* будетъ перпендикулярна къ линіямъ FD, AB и A″B″, (ибо эти линіи параллельны къ FD).

Вообразивъ черезъ линіи AB и A″B″ отвѣсныя плоскости, получимъ линіи *ff′* и *hh′* перпендикулярныя къ линіи *ba′*, т. е. къ проэкціи линіи *ab*.

Поверхность горы можно разсматривать какъ бы составленною изъ множества наклонныхъ плоскостей, слѣдовательно, если гора эта будетъ разрѣзана горизонтальными плоскостями, то всѣ линіи наибольшаго паденія всегда будутъ перпендикулярны къ горизонтальнымъ сѣченіямъ.

Горизонтали горы на планѣ представляются въ видѣ кривыхъ, поэтому въ строгомъ смыслѣ, линіи наибольшаго паденія не могутъ быть къ нимъ перпендикулярны, а только будутъ составлять по обѣ стороны равные углы.

§ 125. Правило обозначенія скатовъ на хозяйственныхъ и на военныхъ планахъ.

При хозяйственной съемкѣ принимаютъ за самый наименьшій предѣлъ слабыхъ покатостей тѣ, которыхъ уголъ наклоненія въ 10^0.

На планахъ такія покатости вычерчиваютъ тѣми штрихами, которыми обыкновенно вычерчиваютъ покатости, имѣющія уголъ наклоненія въ 5°, остальныя покатости вычерчиваются по шкалѣ штриховъ; для чего должно каждый уголъ наклоненія покатости принимать умепьшеннымъ 5-ю градусами.

Гораздо лучше на такихъ планахъ горизонтальныя проложенія обводить сурикомъ или карминомъ, а углы наклоненій подписывать цифрами, отъ чего планъ не будетъ затемненъ.

На военныхъ планахъ покатости вычерчиваются по Высочайше утвержденнымъ знакамъ для плановъ, снятыхъ съ военною цѣлію, а именно: покатости до 5° оставляютъ бѣлыми; отъ 5° до 15° вычерчиваютъ тонкими и рѣдкими штрихами, отъ 15° до 25° тонкими штрихами съ пунктиромъ, такъ напримѣръ (чер. 311), отъ 25 до 35, (чер. 312) толстыми, но не сгущенными штрихами; отъ 35 до 45 толстыми сгущенными штрихами, свыше 45 градусовъ покрывать сплошною тушью.

Примѣчаніе. Въ послѣднее время черченіе штрихами замѣнили вычерчиваніемъ одними горизонталями; при чемъ толстота ихъ и отношеніе степени тѣни къ степени свѣта соблюдается согласно составленной таблицѣ. Чертежъ 313 представляетъ шкалу штриховъ по угламъ наклоненій. Чертежъ 314 представляетъ гору вычерченную штрихами.

Разсматривая оттушеванный планъ мѣстности по методѣ Лемана замѣчаемъ, что яма будетъ оттушевана одинаково какъ и возвышеніе; для устраненія подобнаго недоразумѣнія, принято дно ямы покрывать жидкою тушью, и тогда будетъ можно тотъ часъ же отличить яму отъ холма.

ГЛАВА XXVII.

§ 126. Геодезическое нивеллированіе.

Геодезическое нивеллированіе употребляется преимущественно для опредѣленія разности уровней точекъ тригонометрической сѣти, а потому его также называютъ и тригонометрическимъ.

Помощію геодезическаго нивеллированія также опредѣляютъ: высоты замѣчательнѣйшихъ горъ, разность уровней морей и т. п.

Тригонометрическое или геодезическое нивеллированіе имѣетъ цѣлію черезъ вычисленіе по зенитному разстоянію одной данной точки, измѣренному изъ другой данной точки и по длинѣ дуги, проведенной черезъ нижнюю данную точку опредѣлить ту величину, которая выражаетъ собою разность уровней данныхъ точекъ (при чемъ длина дуги опредѣляется посредствомъ геодезическихъ дѣйствій).

Пусть (чер. 315) A и B будутъ такія двѣ данныя точки земной поверхности, что изъ одной данной видна другая данная. Вообразимъ, что черезъ данныя точки A и B проведены сферы, имѣющія центръ въ центрѣ земли, т. е. въ точкѣ D, и что черезъ точки B, A и D проведена плоскость, тогда величина BE будетъ выражать разность уровней данныхъ точекъ, или ихъ относительную высоту, для опредѣленія которой, помощію геодезическаго нивеллированія, сначала отыскиваютъ длину дуги AE помощію точныхъ геодезическихъ вычисленій и измѣряютъ изъ точки A зенитное разстояніе точки B, т. е. уголъ ZAB, употребляя для этого точный угломѣрный снарядъ, такъ напримѣръ: астрономическій теодолитъ, или универсальный снарядъ, или кругъ Репсольда. Зная уголъ ZAB и дугу AE, можно опредѣлить BE такъ: по незначительности разстоянія между A и B, можно длину AB принять равною дугѣ AE, а по малости изгиба дуги AE, можно длину ея приравнять соотвѣтственной хордѣ AE. Длина хорды опредѣлится такъ: $AE = 2R \operatorname{Sin} \frac{D}{2}$, гдѣ R есть радіусъ земли (или въ строгомъ смыслѣ радіусъ кривизны, соотвѣтствующій дугѣ AE); по малости же угла D, можно будетъ вмѣсто $\operatorname{Sin} \frac{D}{2}$ принять дугу, то есть $\frac{D}{2} \times \operatorname{Sin} 1''$, гдѣ D будетъ выражать число секундъ, заключающихся въ углѣ ADB и тогда получимъ, что хорда $AE = y = RD. \operatorname{Sin} 1''$. Изъ тріугольника же BAE можемъ написать AE:BE=

Sin ABE: Sin BAE или $y:x$=Sin ABE: Sin BAE, откуда $x=y\times\frac{\text{Sin BAE}}{\text{Sin ABE}}$.

Теперь опредѣлимъ углы BAE и ABE, изъ тріугольника ABD такъ: $\text{BAE}=180^0-\{\text{BAZ}+\text{EAD}\}$. Въ дѣйствительности уголъ ZAB непосредственно измѣрить нельзя, потому что отъ дѣйствія рефракціи точка B покажется выше дѣйствительнаго своего положенія, такъ напримѣръ въ точкѣ b; стало быть измѣренный уголъ будетъ ZAb, называемый видимымъ зенитнымъ разстояніемъ, которое и обозначимъ черезъ z'; уголъ ZAb менѣе угла ZAB и разность между ними, т. е. уголъ bAB есть уголъ рефракціи, назовемъ его r, очевидно, что истинное зенитное разстояніе BAZ или z будетъ равно $z'+r$ и въ этомъ уравненіи величина r будетъ неизвѣстна; подставя вмѣсто $\text{BAZ}=z'+r$, а вмѣсто $\text{EAD}=90-\frac{\text{D}}{2}$ получимъ $\text{BAE}=180^0-z'-r-90+\frac{\text{D}}{2}$; или $\text{BAE}=90-z'-r+\frac{\text{D}}{2}=90-\left(z'+r-\frac{\text{D}}{2}\right)$; $\text{ABE}=\text{BAZ}-\text{D}=z-\text{D}=z'+r-\text{D}$; слѣдовательно $x=y\cdot\frac{\text{Cos}\left(z'+r-\frac{\text{D}}{2}\right)}{\text{Sin}\ (z'+r-\text{D})}$ ..... (1);

гдѣ величина D выражена въ секундахъ и которая получится изъ уравненія: $\frac{y}{2}=\text{R. Sin}\ \frac{\text{D}}{2}$, откуда $\frac{y}{2\text{R}}=\frac{\text{D}}{2}\ \text{Sin}\ 1''$, а

$$\text{D}=\frac{y}{\text{R. Sin}\ 1''}\ldots\ldots\ (2).$$

Если уголъ D будетъ весьма малъ, то въ уравненіи (1) въ знаменателѣ можно принять вмѣсто D, $\frac{\text{D}}{2}$, черезъ что уравненіе не измѣнится, потому что величина $(z+r-\text{D})$ весьма мало отличается отъ 90°; стало быть при незначительныхъ измѣненіяхъ этой дуги Sin будетъ тоже измѣняться весьма мало, а введя въ уравненіе (1) $\frac{\text{D}}{2}$ вмѣсто D, получимъ $x=y$.

точныя измѣненія гораздо болѣе періодическихъ годовыхъ, а именно: при восхожденіи и захожденіи солнца реф акція бываетъ наибольшая, а вовремя полдня наименьшая, и переходъ отъ наибольшей величины къ наименьшей и обратно дѣлается постепенно.

Кромѣ всего сказаннаго еще найдено, что рефракція въ тѣ мѣсяцы года, когда земля не покрыта снѣгомъ при равныхъ высотахъ солнца одинакова, такъ напримѣръ: въ апрѣлѣ и іюнѣ при высотѣ солнца напримѣръ въ 20° рефракція будетъ одна и таже; въ тѣ же мѣсяцы, когда земля покрыта снѣгомъ рефракція оказывается болѣе.

Разсмотрѣвъ вліяніе рефракціи оказывается, что точнѣйшее опредѣленіе разности уровней точекъ будетъ тогда, когда одновременно измѣрены взаимныя зенитныя разстоянія; но исполненіе этого въ одно и то же время не всегда возможно, по этому поступаютъ такъ: измѣряютъ взаимныя зенитныя разстоянія не одновременно; но при этомъ непремѣнно должно соблюсти, чтобы измѣренія эти производились при одинаковыхъ высотахъ солнца и по возможности при одинаковомъ состояніи атмосферы.

При геодезическомъ нивеллированіи встрѣчается иногда потребность изъ одной какой либо точки стоянія измѣрить зенитныя разстоянія нѣсколькихъ точекъ, то въ этомъ случаѣ для ускоренія работы будетъ весьма удовлетворительно измѣрять одновременно взаимныя зенитныя разстоянія только для двухъ точекъ, и тогда всѣ прочія зенитныя разстоянія можно имѣть не взаимными, потому что безъ чувствительной погрѣшности можно предположить что, въ продолженіи всего времени наблюденій, коефиціентъ рефракціи оставался постояннымъ, и который опредѣлится изъ взаимныхъ зенитныхъ разстояній.

При приложеніи выведенныхъ формулъ къ опредѣленію разности уровней точекъ можно иногда (чер. 315) хорду AE принять равною дугѣ nsn', которая есть ничто иное, какъ бокъ тріугольника тригонометрической сѣти, проложенный на сфероидальную поверхность моря и такое предположеніе не окажетъ ощутительнаго вліянія на точность опредѣленія величины x., и

B, т. е. одинъ изъ наблюдателей находясь въ точкѣ A долженъ измѣрять уголъ $ZAb = z'$, и въ то же время другой находясь на точкѣ B, измѣряетъ уголъ $Z'Ba = z''$ и тогда истинныя зенитныя разстоянія будутъ: для точки B, $z = z' - r$, а для точки A, $z''' = z'' - r$, гдѣ r вслѣдствіе выше объясненнаго будетъ одна и таже величина. Чтобы теперь изъ этого опредѣлить r, то возьмемъ сумму угловъ ZAB и Z'BA: $ZAB + Z'BA = z' + z'' - 2r$; разсматривая углы ABZ' и BAZ относительно тріугольника ABD видимъ, что они суть углы внѣшніе и потому можемъ замѣнить ихъ такъ: $ABZ' = BAD + D$; $BAZ = ABD + D$, подставя получимъ $ZAB + Z'BA = BAD + ABD + D + D$, т. е. сумма угловъ ZAB и ABZ' равняется суммѣ всѣхъ трехъ угловъ тріугольника ABD, сложенной съ угломъ D, что и можно выразить такъ: $ZAB + Z'BA = 180^\circ + D$; и такъ $180 + D = z' + z'' + 2r$, откуда $r = \frac{180^\circ + D - z' - z''}{2} = \frac{D}{2} - \frac{1}{2}(z' + z'' - 180)$ ..... (4);

а подставя эту величину въ уравненіи (1) получимъ $x = y \times$

$$\frac{\mathrm{Cos}\left\{z' - \frac{D}{2} + \frac{D}{2} - \frac{1}{2}(z' + z'' - 180)\right\}}{\mathrm{Sin}\left\{z' - D + \frac{D}{2} - \frac{1}{2}(z' + z'' - 180)\right\}}$$ или

$$x = y.\frac{\mathrm{Cos.}\left(z' - \frac{1}{2}z'' + 90 - \frac{1}{2}z'\right\}}{\mathrm{Sin.}\,(z' - \frac{1}{2}D - \frac{1}{2}z' - \frac{1}{2}z'' + 90)} = y\frac{\mathrm{Cos.}\left\{90 - \left(\frac{z''}{2} - \frac{z'}{2}\right)\right\}}{\mathrm{Sin.}\left\{90 - \left(\frac{z''}{2} - \frac{z'}{2} + \frac{D}{2}\right)\right\}},$$

откуда $x = y - \frac{\mathrm{Sin.}\,\frac{1}{2}(z'' - z')}{\mathrm{Cos.}\,\frac{1}{2}(z'' - z' + D)}$ ..... (3).

Если же внесемъ величину r въ уравненіе (3), то получимъ

$$x = y.\,\mathrm{Cotg}\left(z' + \frac{D}{2} - \frac{z'}{2} - \frac{z''}{2} + 90 - \frac{D}{2}\right) =$$

$$y.\,\mathrm{Cotg.}\left\{90 - \left(\frac{z''}{2} - \frac{z'}{2}\right)\right\}; x = y.\,\mathrm{tg.}\,\tfrac{1}{2}(z'' - z').$$ Въ этомъ уравненіи $\mathrm{tang}\,\frac{1}{2}(z'' - z')$ по причинѣ незначительной величины дуги $\frac{1}{2}(z'' - z')$ можно приравнять самой дугѣ, выраженной въ секундахъ, т. е. $\mathrm{tang.}\,\frac{1}{2}(z'' - z') = \frac{1}{2}(z'' - z').\,\mathrm{Sin}\,1''$ и тогда уравненіе приметъ такой видъ $x = \frac{1}{2}y(z'' - z')\mathrm{Sin}\,1''$ ...(6).

Но если $z''-z'$ будетъ величина значительная, то необходимо употреблять уравненіе (5).

Изъ вышеописаннаго приходимъ къ тому заключенію, что вліяніе рефракціи можетъ быть уничтожено помощію двухъ одновременныхъ измѣреній зенитныхъ разстояній данныхъ точекъ. Способъ этотъ хотя и точенъ, но онъ имѣетъ свои неудобства, а именно: усложняетъ работу и требуетъ, чтобы одновременно были два наблюдателя и два инструмента; вслѣдствіе чего стали изыскивать способы опредѣлять величину рефракціи независимо отъ производимыхъ наблюденій и тѣмъ дать возможность прилагать уравненія: или (1), или (3).

Ученые для опредѣленія величины коефиціента рефракціи измѣряли одновременно взаимныя зенитныя разстоянія и употребляя формулу (4), нашли для r различныя величины; но такъ какъ каждая изъ найденныхъ величинъ соотвѣтствовала углу при центрѣ, (который могъ быть опредѣленъ совершенно точно) потому величину рефракціи и опредѣлили въ частяхъ этого угла. Результатами подобныхъ изысканій оказалось, что величина рефракціи почти равна 0,08 угла при центрѣ; поэтому, еслибы не возможно было получить взаимныхъ зенитныхъ разстояній, то вмѣсто r можно будетъ взять 0,08 угла D. Но результатъ этотъ будетъ не точенъ, потому что коефиціентъ рефракціи 0,08 измѣняется вслѣдствіе перемѣнъ происходящихъ въ атмосферѣ. Для большей точности необходимо коефиціентъ рефракціи избрать тотъ, который будетъ болѣе приличествовать состоянію атмосферы во время наблюденій.

Такъ какъ коефиціентъ рефракціи зависитъ: отъ температуры воздуха, отъ степени давленія атмосферы и отъ другихъ причинъ, почти не подходящихъ подъ вычисленіе, то Деламбръ изъ множества наблюденій опредѣлилъ слѣдующіе предѣлы для этого коефиціента: лѣтомъ отъ 0,05 до 0,06 угла при центрѣ, а зимою въ пасмурную погоду отъ 0,14 до 0,15 того же угла; стало быть почти всегда будетъ возможно принимать коефиціентъ рефракціи такой: лѣтомъ 0,06. а зимою 0,10.

Новѣйшія наблюденія показали, что коефиціентъ рефракціи зимою измѣняется даже въ продолженіи сутокъ, и что эти су-

точныя измѣненія гораздо болѣе періодическихъ годовыхъ, а именно: при восхожденіи и захожденіи солнца реф акція бываетъ наибольшая, а вовремя полдня наименьшая, и переходъ отъ наибольшей величины къ наименьшей и обратно дѣлается постепенно.

Кромѣ всего сказаннаго еще найдено, что рефракція въ тѣ мѣсяцы года, когда земля не покрыта снѣгомъ при равныхъ высотахъ солнца одинакова, такъ напримѣръ: въ апрѣлѣ и іюнѣ при высотѣ солнца напримѣръ въ 20° рефракція будетъ одна и таже; въ тѣ же мѣсяцы, когда земля покрыта снѣгомъ рефракція оказывается болѣе.

Разсмотрѣвъ вліяніе рефракціи оказывается, что точнѣйшее опредѣленіе разности уровней точекъ будетъ тогда, когда одновременно измѣрены взаимныя зенитныя разстоянія; но исполненіе этого въ одно и то же время не всегда возможно, по этому поступаютъ такъ: измѣряютъ взаимныя зенитныя разстоянія не одновременно; но при этомъ непремѣнно должно соблюсти, чтобы измѣренія эти производились при одинаковыхъ высотахъ солнца и по возможности при одинаковомъ состояніи атмосферы.

При геодезическомъ нивеллированіи встрѣчается иногда потребность изъ одной какой либо точки стоянія измѣрить зенитныя разстоянія нѣсколькихъ точекъ, то въ этомъ случаѣ для ускоренія работы будетъ весьма удовлетворительно измѣрять одновременно взаимныя зенитныя разстоянія только для двухъ точекъ, и тогда всѣ прочія зенитныя разстоянія можно имѣть не взаимными, потому что безъ чувствительной погрѣшности можно предположить что, въ продолженіи всего времени наблюденій, коефиціентъ рефракціи оставался постояннымъ, и который опредѣлится изъ взаимныхъ зенитныхъ разстояній.

При приложеніи выведенныхъ формулъ къ опредѣленію разности уровней точекъ можно иногда (чер. 315) хорду AE принять равною дугѣ nsn', которая есть ничто иное, какъ бокъ тріугольника тригонометрической сѣти, проложенный на сфероидальную поверхность моря и такое предположеніе не окажетъ ощутительнаго вліянія на точность опредѣленія величины x., и

именно въ томъ случаѣ, когда данныя точки мало возвышены надъ поверхностію моря. Чтобы убѣдиться въ этомъ, то разсмотримъ слѣдующее: тріугольники ADE и nDn' подобны и изъ подобія ихъ можемъ написать; что $Dn : nn' = DA : AE$, обозначимъ радіусъ земли Dn чезъ R, а высоту точки A надъ уровнемъ моря черезъ h получимъ $R : nn', = (R+h) : AE$ откуда $AE = \frac{nn'(R+h)}{R}$; $AE = nn'\left(1+\frac{h}{R}\right)$; замѣнивъ длину хорды nn' дугою, получимъ $nn' = s - \frac{s^3}{24R^2} = s\left(1-\frac{s^2}{24R^2}\right)$ подставя получимъ $AE = s\left(1-\frac{s^2}{24R^2}\right).\left(1+\frac{h}{R}\right)$.....(7).

Разсматривая это уравненіе видимъ, что величина h имѣетъ значительное вліяніе на величину AE; стало быть въ странахъ гористыхъ, гдѣ высота точекъ надъ поверхностію океана бываетъ значительна, не возможно принимать длину хорды AE равною nsn' боку тригонометрической сѣти.

Примѣчаніе 1. Такъ какъ вычисленія производятся по логариѳмамъ, то возьмемъ log уравненія (7), т. е. $\log AE = \log\left\{s.\left(1-\frac{s^2}{24R^2}\right)\left(1+\frac{h}{R}\right)\right\}$.

Развернемъ по системѣ Непера:

$\log\left(1-\frac{s^2}{24R^2}\right) = -\frac{Ms^2}{24R^2}+\frac{Ms^4}{48R^4}$; $\log\left(1+\frac{h}{R}\right) = M\frac{h}{R}+\frac{Mh^2}{2R^2}$; ограничиваясь первыми членами получимъ: $\log AE = \log s - \frac{Ms^2}{24R^2}+\frac{Mh}{R}$.....(8).

Здѣсь M есть модуль или табличный логариѳмъ основанія системы Непера.

Примѣчаніе 2. Уравненію (5) можно дать видъ болѣе удобный для вычисленія, $x=y.\frac{\sin\frac{1}{2}(z''-z')}{\cos\frac{1}{2}(z''-z'+D)}$; предположимъ, что $\frac{1}{2}(z''-z') = a$, тогда $x=y.\frac{\sin a}{\cos\left(a+\frac{D}{2}\right)} = \frac{y.\sin a}{\cos a.\cos\frac{D}{2}-\sin a.\sin\frac{D}{2}}$;

$x = \dfrac{y.\ \mathrm{Sin}\ a}{\mathrm{cs}\ a.\ \mathrm{Cos}\ \frac{D}{2}\left\{\dfrac{1-\mathrm{Sin}\ a\ \mathrm{Sin}\ \frac{D}{2}}{\mathrm{Cs}\ a.\ \mathrm{Cos}\ \frac{D}{2}}\right\}}$; раздѣливъ числителя и знаменатели на $\mathrm{Cs}\ a.\ \mathrm{Cs}\ \frac{D}{2}$ получимъ $x = \dfrac{y.\ \mathrm{tg}\ a}{\mathrm{Cs}\ \frac{D}{2}\left(1-\mathrm{tg}\ a.\ \mathrm{tg}\ \frac{D}{2}\right)} =$

$\dfrac{y.\ \mathrm{tg}\ a}{\mathrm{Cos}\ \frac{D}{2}}\left\{1-\mathrm{tg}\ a.\ \mathrm{tg}\ \frac{D}{2}\right\}^{-1}$; развернувъ степень получимъ $x = \dfrac{y.\ \mathrm{tg}\ a}{\mathrm{Cs}\ \frac{D}{2}} \times$

$\left\{1 + \mathrm{tg}\ a.\ \mathrm{tg}\ \frac{D}{2} - \ldots\ldots\right\}$; перемноживъ и по малости a и D отбросивъ вторыя степени получимъ $x = \dfrac{y.\ \mathrm{tg}\ a}{\mathrm{Cos}\ \frac{D}{2}}$; вставя вмѣсто a получимъ $x = y \dfrac{\mathrm{tg}\ ½\ (z'' - z')}{\mathrm{Cos}\ \frac{D}{2}}$.

При выводѣ формулъ для опредѣленія разности уровней точекъ помощію зенитныхъ разстояній мы предполагали, что инструментъ помѣщался въ данной точкѣ, но этого въ дѣйствительности почти никогда не бываетъ. По большей части въ пунктахъ находятся естественные сигналы, на вершинахъ которыхъ нѣтъ никакой возможности помѣститься наблюдателю съ инструментомъ, и потому онъ долженъ измѣрять углы снизу; стало быть необходимо ввести нѣкоторыя исправленія, такъ напримѣръ: 1) пусть будетъ (чер. 316) D центръ сигнала, B центръ инструмента, находящійся отвѣсно надъ D, тогда измѣренное зенитное разстояніе будетъ Z; опредѣлимъ уголъ BDA, т. е. y; для чего разсмотримъ тріугольникъ ABD, въ которомъ m: $K = \mathrm{Sin}\ x$: $\mathrm{Sin}\ (180-Z)$, или m: $K = \mathrm{Sin}\ x$: $\mathrm{Sin}\ Z$, откуда $\mathrm{Sin}\ x = \dfrac{m.\ \mathrm{Sin}\ Z}{K}$, по малости угла x можно $\mathrm{Sin}\ x$ приравнять $x.\ \mathrm{Sin}\ 1''$ и тогда $x = \dfrac{m.\ \mathrm{Sin}\ Z}{K\ \mathrm{Sin}\ 1''}$; зная уголъ x, найдемъ уголъ BDA, или y такъ: $y = Z - x$.

Здѣсь мы приводили зенитное разстояніе къ поверхности земли, точно такъ же можно приводить измѣренное зенитное разстояніе и къ вершинѣ сигнала, но для этого непремѣнно нужно знать высоту сигнала h, и тогда уголъ $t = \frac{h.\ \mathrm{Sin}\ y}{k.\ \mathrm{Sin}\ 1''}$; а слѣдовательно $z = t + y$.

2) Предположимъ, что невозможно помѣстить снарядъ такъ, чтобы центръ инструмента былъ въ одной отвѣсной линіи съ центромъ сигнала, то при этомъ могутъ встрѣтиться два случая: I) когда центръ инструмента можетъ быть помѣщенъ въ отвѣсной плоскости, проведенной черезъ центры сигналовъ и II) когда и этого сдѣлать нельзя.

Разсмотримъ теперь I-й случай (чер. 317): помѣщаютъ инструментъ какъ можно ближе къ той точкѣ, изъ которой должно произвести измѣреніе зенитнаго разстоянія, пусть это будетъ точка F и при томъ такъ, чтобы центръ инструмента находился въ вертикальной плоскости, проведенной черезъ точки E и B и пусть точка H лежитъ въ одной горизонтальной плоскости съ точкою f. Требуется перевести измѣренное зенитное разстояніе Z къ точкѣ H, т. е. опредѣлить уголъ Z'; зная этотъ уголъ должно поступать точно такъ какъ въ 1-мъ случаѣ. Для нахожденія же угла Z' сначала опредѣлимъ уголъ y равный Z'; $y = Z - a$; здѣсь не извѣстенъ уголъ a, чтобы найдти его величину, то измѣримъ горизонтальное разстояніе Hf напримѣръ n, и тогда изъ тріугольника HfB будемъ имѣть n: $\mathrm{Sin}\ a = \mathrm{M}$: $\mathrm{Sin}\ (90 + Z)$, откуда $\mathrm{Sin}\ a = \frac{n.\ \mathrm{Cos}\ Z}{\mathrm{M}}$ по малости угла a можно $\mathrm{Sin}\ a$ замѣнить такъ: $\mathrm{Sin}\ a = a.\ \mathrm{Sin}\ 1''$, вставя это получимъ $a = \frac{n.\ \mathrm{Cos}\ Z}{\mathrm{M}.\ \mathrm{Sin}\ 1''}$

Когда же точка стоянія F будетъ избрана не между сигналами, но позади сигнала ED, тогда Cos Z сдѣлается отрицательнымъ, и черезъ то a тоже будетъ величина отрицательная; вслѣдствіе чего $Z' = Z - a$.

Случай II). Предположимъ, что центръ инструмента нельзя помѣстить въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ центры

сигналовъ; а потому избираемъ для инструмента какую нибудь точку K (чер. 317); чтобы перевести измѣренное зенитное разстояніе Z″ къ точкѣ П, то сначала должно опредѣлить точку *l*, лежащую въ вертикальной плоскости BE и отстоящую отъ B на разстояніи равномъ BN; для этого измѣряется длина DK и уголъ DNB, принявъ DB извѣстною и приравнявъ DK къ DN, рѣшимъ тріугольникъ DBN, изъ котораго найдемъ BN, потомъ взявъ разность горизонтальныхъ проложеній DB и BN найдемъ разстояніе D*l* и тогда случай этотъ будетъ одинаковъ съ тѣмъ, когда инструментъ находился въ вертикальной плоскости, проведенной черезъ точки E и B.

Примѣчаніе. При незначительныхъ разстояніяхъ весьма удовлетворительно будетъ брать вмѣсто DB длину горизонтальнаго проложенія между обѣими нивеллируемыми точками и это не окажетъ вліянія на результатъ.

§ 127. Опредѣленіе высоты точки надъ уровнемъ моря.

Предположимъ, что (чер. 318) требуется опредѣлить высоту точки A надъ уровнемъ моря, т. е. длину линіи A*a*; но точка A лежитъ далеко отъ уровня моря, по этому и избираютъ такую точку B, изъ которой бы былъ видѣнъ горизонтъ моря. Тогда изъ B измѣряютъ уголъ MBN между отвѣсною BM и касательною BN, проведенною изъ точки наблюденія къ поверхности моря, а зная этотъ уголъ можно будетъ опредѣлить высоту точки B надъ поверхностію моря, т. е. B*b*. Высота эта называется альтитудою. Для опредѣленія B*b* разсмотримъ тріугольникъ NBD имѣющій уголъ BND прямой; уголъ MBN есть внѣшній, слѣдовательно онъ будетъ равенъ: MBN=90+D и MBN=Z+*r*, гдѣ *r* есть рефракція, откуда Z+*r*=90+D; D=Z+*r*—90, изъ этого же тріугольника DN = DB. Cos D или DN = (DN+*x*) Cs D, или R = (R+*x*) Cs D, или R = R. Cos D +*x*. Cos D, откуда $x = \frac{R - R.\ Cos\ D}{Cos\ D} = R.\left(\frac{1 - Cos\ D}{Cos\ D}\right)$; умно-

жимъ вторую часть равенства на 1, выраженную черезъ $\frac{\text{Sin D}}{\text{Sin D}}$ и тогда получимъ $x = \text{R}.\left(\frac{1-\text{Cos D}}{\text{Cosin D}}\right)\frac{\text{Sin D}}{\text{Sin D}}$; откуда $x = \text{R}\times \text{tg. D}.\left(\frac{1-\text{Cos D}}{\text{Sin D}}\right)$; членъ $(1-\text{Cos D}) = 2\ \text{Sin}^2\ ½\ \text{D}$, а принявъ уголъ D двойнымъ относительно его половины получимъ, что $\text{Sin D} = 2\ \text{Sin}\ ½\ \text{D}.\ \text{Cos}\ ½\ \text{D}$, и такъ $\frac{2\ \text{Sin}^2\ ½\ \text{D}}{2\ \text{Sin}\ ½\ \text{D Cs}\ ½\ \text{D}} = \frac{1-\text{Cs D}}{\text{Sin D}} = \frac{2\ \text{Sin}\ ½\ \text{D}.\ \text{Sin}\ ½\ \text{D}}{2\ \text{Sin}\ ½\ \text{D}.\ \text{Cs}\ ½\ \text{D}} = \text{tg}\ ½\ \text{D}$ и такъ $x = \text{R}\times \text{tg D}.\ \text{tg}\ ½\ \text{D}$. По малости D можно будетъ вмѣсто $\text{tg}\ ½\ \text{D}$ взять $½\ \text{tg D}$ и тогда $x = ½\ \text{R}.\ \text{tg}^2\ \text{D}$..... (1). Но мы прежде получили $\text{D} = \text{Z} + r - 90$; а такъ какъ r есть величина весьма малая, то вмѣсто r можно взять $m\text{D}$, гдѣ m есть коефиціентъ рефракціи; но такъ какъ $\text{D} = \text{Z} - 90$, то слѣдовательно $r = m\times (\text{Z} - 90)$, подставя эту величину въ выраженіе D, получимъ $\text{D} = \text{Z} - 90 + m\ (\text{Z} - 90) = (m+1).\ (\text{Z} - 90^0)$; если это вставить въ уравненіе (1) вмѣсто D, то получимъ $x = ½\ \text{R tg}^2\ \{(m+1).\ (\text{Z} - 90)\}$. По малости угла $\text{Z} - 90$ можно принять $\text{tg}\ \{(m+1).\ (\text{Z} - 90)\}$ равнымъ $(m+1)\ \text{tg}\ (\text{Z} - 90)$, а tg^2 будетъ $(m+1)^2.\ \text{tg}^2\ (\text{Z} - 90)$ — и такъ $x = ½\ \text{R}\ (m+1)^2.\ \text{tg}^2\ (\text{Z} - 90)$..... (2). Это уравненіе даетъ величину альтитуды точки B. Если примемъ m равнымъ 0,08.D, то получимъ, что $x = 0{,}5832\ \text{R.}\ \text{tg}^2\ (\text{Z} - 90^0)$..... (3). Но какъ поверхность океана подвержена измѣненію отъ прилива и отлива, то уголъ Z долженъ быть измѣренъ какъ во время возвышенія, такъ и во время пониженія воды и уже изъ этихъ наблюденій должна быть взята средняя величина для Z, которую потомъ надлежитъ вводить въ вычисленіе. Таковъ способъ для опредѣленія высоты точки надъ среднимъ уровнемъ моря, т. е. надъ тѣмъ, который имѣло бы море, если бы не было подвержено приливамъ и отливамъ. Впрочемъ по причинѣ чрезвычайной измѣняемости коефиціента m, происходящей вслѣдствіе испареній моря, нельзя безусловно полагаться на этотъ

способъ и должно ему предпочитать нивеллированіе топографическое.

Разсмотрѣвъ теорію геодезическаго нивеллированія, приходимъ къ тому убѣжденію, что разности уровней точекъ тригонометрической сѣти могутъ быть найдены если будутъ измѣрены ихъ зенитныя разстоянія и особенно точно, если эти наблюденія взаимныя и одновременныя. Разности уровней различныхъ точекъ относятъ къ постоянной плоскости, за которую принимаютъ поверхность моря. По этому когда сѣть дойдетъ до такой точки, изъ которой можно видѣть поверхность моря, тогда опредѣляютъ высоту точки сѣти надъ среднимъ уровнемъ моря, а потомъ уже вычисляютъ высоты и всѣхъ прочихъ точекъ.

Въ заключеніе считаю нужнымъ сказать, что при тригонометрическомъ нивеллированіи точки стоянія должно избирать какъ только можно ближе одну отъ другой; такъ, что если страна покрыта всѣми тремя разрядами тригонометрической сѣти, то для опредѣленія разности уровней точекъ, должно брать за послѣдовательныя точки стоянія вершины тріугольниковъ 3 разряда. Доказательство этому можно найдти въ сочиненіи доктора Савича: «Приложеніе теоріи вѣроятностей къ вычисленію наблюденій и геодезическихъ измѣреній. Изд. 1857 года, § 58».

Примѣчаніе. Если встрѣтится необходимость производить геодезическое нивеллированіе въ странѣ не покрытой тригонометрическою сѣтью, то полезно примѣнить способъ, употребленный въ Россіи въ 1836 году Ученою Коммиссіею для нивеллированія пространства между Чернымъ и Каспійскимъ морями.

Способъ этотъ состоитъ въ слѣдующемъ: нивеллируемые пункты избирались на разстояніи другъ отъ друга отъ 6 до 7 веретъ и въ этихъ точкахъ становили двухъсаженный брусъ, раздѣленный на дюймы, имѣющій на верху черную цѣль съ бѣлымъ кружкомъ. При измѣреніи зенитныхъ разстояній угломѣрный инструментъ ставили на треножникѣ подлѣ этого бруса, и по окончаніи нужныхъ наблюденій измѣряли высоту центра инструмента. Черезъ это опредѣляли, на сколько точка визированія выше центра инструмента, а потомъ измѣренное зенитное разстояніе приводили къ точкѣ, отстоящей на высоту равную высотѣ центра инструмента.

Разстоянія между нивеллируемыми точками опредѣлялись по особо-

му способу, предложенному г. Струве такъ: пусть (чер. 319) A, B, F, избранные пункты, чтобы опредѣлить AB, то брали между пунктами A и B линію *ab* длиною около 200 саженъ и при томъ такъ, чтобы *ab* пересѣкала AB почти въ срединѣ и приблизительно подъ прямымъ угломъ; при этомъ измѣрялись углы: *a*AB, BA*b*, *a*BA, AB*b*, A*ab*, *ba*B, A*ba*, *ab*B. Сумму этихъ угловъ исправляютъ, т. е. приводятъ ихъ къ 360°. Для опредѣленія AB нужно знать только *ab*, которую и измѣряютъ такъ: на оконечностяхъ этого малаго базиса ставили прочные треножники и кольями прикрѣпляли ихъ къ землѣ. Въ срединѣ доски треножника сдѣлано круглое отверстіе, въ которое ставили цилиндрическіе бруски и по нимъ измѣряемую линію провѣшивали, ставя вѣхи на разстояніи саженъ 10-ти или 15-ти и между ними натягивали шнуръ отъ одного конца базиса до другаго такъ, какъ это представлено на чертежѣ 320; при этомъ старались, чтобы шнуръ обходилъ около вѣхъ такъ, чтобы составлялъ одну прямую линію, для чего на одинъ треножникъ кладутъ трубу, въ которую и наблюдаютъ за обвязкою шнура, при чемъ должно шнуръ обматывать около вѣхъ въ одну и ту же сторону. Когда шнуръ будетъ протянутъ до другаго конца базиса, тогда начинаютъ его измѣрять, принимая за оконечности базиса отверстія треножниковъ. Измѣреніе производилось деревянными жезлами длиною въ 2 сажени (въ 2 дюйма шириною и въ 1 дюймъ толщиною); при этомъ жезлъ прикладывали снизу, а шнуръ слегка натягивали, обозначая концы жезловъ перочиннымъ ножемъ.

Натянутый шнуръ, вслѣдствіе своей тяжести, между каждыми двумя послѣдовательными вѣхами представляетъ вогнутую линію; стало быть измѣрялась не прямая линія, а кривая; для опредѣленія длины прямой необходимо узнать на сколько длина кривой между каждыми послѣдовательными вѣхами болѣе прямой, проведенной между ея концами, понятно, что тогда сумма этихъ прямыхъ и выразитъ длину прямой между концами базиса. При этомъ было принято во вниманіе, что если найденная прямая неторизонтальна, то длину ея прокладывали на горизонтальную плоскость, и тогда получались всѣ данныя для вычисленія длины AB.

Длина прямой линіи между каждыми двумя вѣхами опредѣлялась такъ: не смотря на то, что шнуръ представлялъ собою цѣпную линію, ее разсматривали какъ дугу круга (чер. 321) и опредѣляли высоту каждаго сегмента тотчасъ по измѣреніи длины всего шнура, слѣдующимъ образомъ: одинъ изъ наблюдателей приставлялъ къ срединѣ шнура между каждыми двумя вѣхами линейку, раздѣленную на дюймы и держа ее вертикально подымалъ къ верху или опускалъ внизъ до тѣхъ поръ, пока верхній ея конецъ касался луча зрѣнія, направленнаго другимъ наблюдателемъ черезъ трубу установленную

на одномъ изъ треножниковъ. Имѣя высоту сегмента, т. е. величину, выражающую на сколько средина шнура ниже линіи прямой, соединяющей ея концы опредѣляли хорду такъ: пусть t есть длина измѣренной кривой, а y высота сегмента, по малости изгиба, принявъ длину $^1/_3$ дуги BbA за хорду опредѣляли радіусъ дуги BbA такъ: $2R : Bb = Bb : y$; $R = \frac{Bb^2}{2y}$, или $R = \left(\frac{t}{2}\right)^2 : 2y = \frac{t^2}{8y}$, а $R^2 = \frac{t^4}{64y^2}$. Потомъ предполагали, что изъ центра дуги AbB описана дуга m радіусомъ, равнымъ единицѣ, тогда хорда $p = 2 \operatorname{Sin} {}^1/_2 m$, разложивъ $\operatorname{Sin} m$ въ рядъ получимъ $\operatorname{Sin} m = m - \frac{m^3}{2.3} + \frac{m^5}{2.3.4.5}\ldots$; а $\operatorname{Sin} {}^1/_2 m = \frac{m}{2} - \frac{m^3}{2.3.2^3} + \frac{m^5}{2.3.4.5.2^5}\ldots$; а $p = 2 \operatorname{Sin} {}^1/_2\, m = m - \frac{m^3}{24} + \frac{m^5}{1920}$ .....; но дуги и хорды пропорціональны радіусамъ; слѣдовательно $m : t = 1 : R$; $m = \frac{t}{R}$; а $p : n = 1 : R$, (гдѣ n есть хорда для дуги AbB) откуда $p = \frac{n}{R}$; подставя получимъ $\frac{n}{R} = \frac{t}{R} - \frac{t^3}{24R^3}$; послѣдній членъ $\frac{m^5}{1920}$ по незначительности не принимали и по сокращеніи на R имѣли $n = t - \frac{t^3}{24R^2}$ или $t - n = \frac{t^3}{24R^2}$, замѣнивши R будетъ $t - n = \frac{t^3 . 64y^2}{24\, t^4}$, а сокративъ на $8t^3$ получали $t - n = \frac{8y^2}{3t}$.

Таково выраженіе поправки длины измѣреннаго шнура между какими либо двумя кольями. Сумма таковыхъ поправокъ, будучи вычтена изъ всей измѣренной длины шнура выразитъ длину прямой соединяющей оба конца базиса. Если эта прямая была негоризонтальна и имѣла какой нибудь уголъ наклоненія, напримѣръ Z, то горизонтальное положеніе искомаго базиса получали такъ: изъ всей длины базиса D вычитали $2\,D . \operatorname{Sin}^2 \frac{Z}{2}$.

Разность уровней оконечностей базиса выводилась изъ нѣсколькихъ рядовъ наблюденій, изъ которыхъ одинъ рядъ былъ составленъ изъ взаимныхъ и одновременно измѣренныхъ зенитныхъ разностей, а другіе невзаимные ряды.

ГЛАВА XXVIII.

БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛЛИРОВАНІЕ.

§ 128. Барометрическая формула.

Опредѣленіе относительныхъ высотъ точекъ помощію наблюденій надъ барометромъ основано на томъ, что слои атмосферы имѣютъ различную плотность, уменьшающуюся по мѣрѣ удаленія отъ поверхности моря.

Основаніемъ для вывода барометрической формулы служитъ то, что: 1) плотности тѣлъ при равныхъ объемахъ пропорціональны ихъ вѣсамъ; 2) плотность воздуха пропорціональна давленію, и 3) давленіе воздуха по мѣрѣ удаленія (въ вертикальномъ направленіи) отъ поверхности моря уменьшается такъ, что составится геометрическая прогрессія, но давленіе каждаго воздушнаго столба измѣряется высотою ртути въ барометрѣ; слѣдовательно и высота ртутныхъ столбовъ по мѣрѣ удаленія отъ поверхности моря тоже будутъ уменьшаться такъ, что изъ ихъ высотъ можно составить тоже геометрическую прогрессію.

Предположимъ, что требуется опредѣлить относительную высоту двухъ данныхъ точекъ земной поверхности, помощію барометрическихъ наблюденій, и предположимъ: что высота ртутнаго столба въ нижней точкѣ есть h, а высота столба въ верхней точкѣ есть h', тогда разность уровней данныхъ точекъ x опредѣлится такою формулою $x=y\{\log h-\log h'\}$.

Въ этомъ уравненіи неизвѣстенъ коефиціентъ y, величина его зависитъ отъ знаменателя содержанія геометрической прогрессіи, составленной изъ высотъ ртутныхъ столбовъ, которыя находятся въ прямой зависимости отъ плоскости воздуха; а эта послѣдняя отъ температуры и отъ дѣйствія силы тяжести. Но если предположить, что сила тяжести и температура атмосферы одинаковы въ обѣихъ данныхъ точкахъ, то величину y можно принять постоянною и тогда она можетъ быть опредѣлена такимъ образомъ: избравъ двѣ точки, одну на горѣ, а другую у подошвы горы, должно найдти разность уровней этихъ точекъ

помощію геодезическаго нивеллированія и это замѣнитъ въ нашемъ уравненіи величину x, потомъ въ этихъ точкахъ должно помѣстить барометры и одновременно записать высоты ртутныхъ столбовъ, которыя въ уравненіи замѣнятъ h и h'; очевидно, что рѣшивъ уравненіе $x=y.\ (\log h—\log h')$ величина y опредѣлится.

Рамонъ опредѣлилъ величину коефиціента y подъ широтою въ 45°, при температурѣ ртути и воздуха=0° и нашелъ, что y=18336 метрамъ, или 8594,083 саженямъ и тогда получается x=8594,083 $\{\log h—\log h'\}$..... (1). Формула эта хотя и удобна для опредѣленія разности уровней точекъ, но она выведена при извѣстныхъ условіяхъ, а именно: при температурѣ ртути и воздуха равной нулю и при широтѣ мѣста равной 45°; стало быть въ нее должно ввести поправки, зависящія отъ различія температуръ и отъ широты мѣстъ.

1) Введеніе въ формулу поправки отъ дѣйствія температуры.

Вслѣдствіе разширенія тѣлъ отъ теплоты, высота ртутнаго столба въ барометрахъ, при одномъ и томъ же давленіи атмосферы, будетъ болѣе при большей температурѣ и менѣе при меньшей; стало быть, чтобы знать на сколько увеличилась или уменьшилась высота ртутнаго столба отъ вліянія температуры, необходимо должно знать температуру ртути въ барометрѣ, для чего въ оправу барометровъ всегда вправляется термометръ.

Точно также и воздухъ съ увеличеніемъ температуры увеличивается въ объемѣ, по этому одинъ и тотъ же столбъ воздуха при различныхъ температурахъ будетъ имѣть различный объемъ, а слѣдовательно и будетъ оказывать различное давленіе на ртуть.

а) *Поправка отъ температуры ртути.*

Изъ опытовъ найдено, что ртуть на каждый градусъ Реомюрова термометра, разширяется на $\frac{1}{4440}$ долю своей длины; ста-

верхняя точка, и пусть температура воздуха при наблюденіи есть n° Реомюрова термометра, тогда ртуть въ барометрѣ, помѣщенномъ въ точкѣ m'', будетъ претерпѣвать точно такое же давленіе, которое бы происходило въ другой точкѣ напр. m' при температурѣ 0°, которая очевидно будетъ находиться ниже точки m'' и вслѣдствіе этого величина x, опредѣляемая изъ формулы (2), выразитъ не высоту mm'', а только высоту mm'; стало быть для исправленія этой погрѣшности должно знать величину $m'm''$, величина же $m'm''$ будетъ равна $mm'.\frac{n^0}{200}$ и такъ $mm'=x'=x+\frac{x.n^0}{200}=x\left(1+\frac{n^0}{200}\right)$; вставя вмѣсто x изъ формулы (2) получимъ $x'=8394{,}083\left\{\log\frac{h}{h'}+\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)\right\}.\left(1+\frac{n^0}{200}\right)$... (3). Выведенная формула все еще не даетъ надлежащаго результата, потому что температура воздуха въ нижнихъ и верхнихъ слояхъ атмосферы не одинакова и притомъ температура атмосферы съ удаленіемъ отъ поверхности моря уменьшается; но такъ какъ законъ этого уменьшенія неизвѣстенъ, то геодезисты и положили правиломъ принимать: что столбъ воздуха, заключенный между точками стоянія барометровъ имѣетъ среднюю температуру изъ температуръ замѣченныхъ вверху и внизу такъ: если температура воздуха въ верхней точкѣ t, а въ нижней t', то температура воздушнаго столба будетъ $\frac{t+t'}{2}$, введя это вмѣсто n°, формула приметъ такой видъ; $x=8394{,}083\left\{\log\frac{h}{h'}+\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)\right\}.[1+0{,}0023(t+t')]$.... (4).

2) Поправка отъ широты мѣста.

Вслѣдствіе измѣненія дѣйствія силы тяжести, отъ вліянія силы центробѣжной, атмосферный воздухъ долженъ имѣть меньшую плотность въ странахъ экваторіальныхъ и большую въ

верхняя точка, и пусть температура воздуха при наблюденіи есть n° Реомюрова термометра, тогда ртуть въ барометрѣ, помѣщенномъ въ точкѣ m'', будетъ претерпѣвать точно такое же давленіе, которое бы происходило въ другой точкѣ напр. m' при температурѣ 0°, которая очевидно будетъ находиться ниже точки m'' и вслѣдствіе этого величина x, опредѣляемая изъ формулы (2), выразитъ не высоту mm'', а только высоту mm'; стало быть для исправленія этой погрѣшности должно знать величину $m'm''$, величина же $m'm''$ будетъ равна $mm'.\frac{n^0}{200}$ и такъ $mm'=x'=x+\frac{x.n^0}{200}=x\left(1+\frac{n^0}{200}\right)$; вставя вмѣсто x изъ формулы (2) получимъ $x'=8394{,}083\left\{\log\frac{h}{h'}+\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)\right\}.\left(1+\frac{n^0}{200}\right)$... (3). Выведенная формула все еще не даетъ надлежащаго результата, потому что температура воздуха въ нижнихъ и верхнихъ слояхъ атмосферы не одинакова и притомъ температура атмосферы съ удаленіемъ отъ поверхности моря уменьшается; но такъ какъ законъ этого уменьшенія неизвѣстенъ, то геодезисты и положили правиломъ принимать: что столбъ воздуха, заключенный между точками стоянія барометровъ имѣетъ среднюю температуру изъ температуръ замѣченныхъ вверху и внизу такъ: если температура воздуха въ верхней точкѣ t, а въ нижней t', то температура воздушнаго столба будетъ $\frac{t+t'}{2}$, введя это вмѣсто n°, формула приметъ такой видъ; $x=8394{,}083\left\{\log\frac{h}{h'}+\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)\right\}.[1+0{,}0025(t+t')]$.... (4).

2) Поправка отъ широты мѣста.

Вслѣдствіе измѣненія дѣйствія силы тяжести, отъ вліянія силы центробѣжной, атмосферный воздухъ долженъ имѣть меньшую плотность въ странахъ экваторіальныхъ и большую въ

странахъ полярныхъ; стало быть слои воздуха, имѣя одинаковую массу, будутъ тоньше по мѣрѣ своего приближенія къ полюсамъ; вслѣдствіе чего давленіе атмосфернаго воздуха на ртуть барометра при одной и той же температурѣ, но при разныхъ широтахъ будетъ не одинаково: такъ что если помѣстить барометры на равныхъ высотахъ (надъ уровнемъ моря), но при разныхъ широтахъ, то ртуть будетъ опускаться не одинаково, потому что давленіе на нее воздуха будетъ различное, а по этому высоты ртутныхъ столбовъ будутъ равны только въ точкахъ, лежащихъ на поверхности одного и того же слоя воздуха, такъ напримѣръ (чер. 324): если вообразимъ, что A есть земля, то воздухъ расположится надъ нею такъ, какъ показано на чертежѣ, и пусть m и m' есть точки, гдѣ помѣщены барометры, и пусть эти точки равно удалены отъ поверхности земли, то очевидно, что точка m будетъ претерпѣвать давленіе четырехъ слоевъ, а m' только двухъ; стало быть, чтобы онѣ претерпѣвали одинаковое давленіе, то точку m' должно помѣстить въ n, т. е. чтобы она лежала на одной поверхности одного и того же слоя.

Такъ какъ давленіе будетъ не одинаковое, то предположимъ, что высота столба подъ широтою φ будетъ x, а объемъ v; а подъ широтою φ' высота столба x', а объемъ v', тогда по равенству основаній столбовъ высоты ихъ будутъ прямо пропорціональны объемамъ, т. е. $\frac{x'}{x} = \frac{v'}{v}$, а при равенствѣ массъ объемы будутъ обратно пропорціональны ихъ плотностямъ, т. е. $\frac{v'}{v} = \frac{d}{d'}$, или $\frac{x'}{x} = \frac{d}{d'}$; плотность же воздуха пропорціональна силѣ тяжести; слѣдовательно $\frac{d}{d'} = \frac{g}{g'} = \frac{x'}{x}$. Въ этомъ уравненіи g и g' неизвѣстны; если предположить, что g соотвѣтствуетъ широтѣ φ и g' широтѣ φ', то отношеніе $\frac{g}{g'}$ будетъ равно $\frac{1-0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi}{1-0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi'}$ или $\frac{x'}{x} = \frac{1-0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi}{1-0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi'}$, при

широтѣ $\varphi=45^0$, Cos $2\varphi=0$ и тогда $x'=x.\frac{1}{1-0,002588\ \text{Cos}\ 2\varphi'}$ или $x'=x\ (1-0,002588\ \text{Cos}\ 2\ \varphi')^{-1}$; развернувъ это по строкѣ и ограничиваясь первыми степенями получимъ $x' = x\times$ $(1+0,002588\ \text{Cos}\ 2\ \varphi')$. И такъ формула (4), выведенная для широты 45^0 должна быть исправлена черезъ умноженіе ея на $(1+0,002588\ \text{Cos}\ 2\ \varphi')$, отъ чего она и приметъ такой видъ: $x'=8594,083\ [1+0,002588\ \text{Cos}\ 2\ \varphi']\ [1+0,0025\ (t+t')]$. $\left[\log\frac{h}{h'}+\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)\right]$..... (5).

Зная, что сила тяжести уменьшается съ отвѣснымъ удаленіемъ отъ поверхности земли, то вслѣдствіе этого намъ должно исправить формулу 5-ю: во 1-хъ, отъ измѣненія длины ртутныхъ столбовъ, вслѣдствіе уменьшенія вѣса, зависящаго отъ силы тяжести, а во 2-хъ, отъ уменьшенія давленія воздуха на нижніе слои вслѣдствіе уменьшенія силы тяжести, отъ которой уменьшается и плотность воздуха.

Такъ какъ сила тяжести уменьшается обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то стало быть ртутный столбъ h' на высотѣ равной x вѣситъ менѣе нежели такой же длины ртутный столбъ на поверхности моря и на оборотъ, при постоянной тяжести ртутный столбъ на высотѣ x былъ бы короче, потому что претерпѣвалъ бы то же самое давленіе и имѣлъ бы одинаковый вѣсъ со столбомъ h. И такъ, чтобы длины ртутныхъ столбовъ можно было принимать пропорціональными соотвѣтствующимъ давленіямъ, то должно опредѣлить ту длину ихъ, которую получили бы они при одинаковой силѣ тяжести. Вообразимъ себѣ, что длина ртутнаго столба въ барометрѣ на высотѣ x будетъ h; предполагая, что сила тяжести на этой же высотѣ равна силѣ тяжести на нижней точкѣ стоянія, и пусть дѣйствительно замѣченная высота ртутнаго столба на высотѣ x есть h' (здѣсь принимаемъ, что давленіе и температура воздуха, въ томъ и другомъ случаѣ одинаковы), тогда при этихъ предположеніяхъ вѣсъ ртутныхъ столбовъ долженъ быть одинъ и тотъ же; между тѣмъ длина перваго будетъ болѣе длины втораго. Зная, что вѣсъ тѣла равняется произведе-

нію изъ его массы на силу тяжести, слѣдовательно $m'g'=mg$, гдѣ m и m′ означаютъ массы ртутныхъ столбовъ h и h', а g и g' силы тяжести, соотвѣтствующія: высотѣ x и нижней точкѣ стоянія. Зная тоже, что массы тѣлъ одинаковой плотности пропорціональны объемамъ, т. е. $\frac{m}{m'}=\frac{v}{v'}$, а объемы при равныхъ основаніяхъ пропорціональны высотѣ $\frac{h}{h'}=\frac{v}{v'}$; но $\frac{v}{v'}=\frac{d}{d'}$, здѣсь d есть плотность воздуха, а d′ есть плотность ртути, а $\frac{d'}{d}=\frac{g'}{g}$; стало быть $\frac{h}{h'}=\frac{g'}{g}$; но такъ какъ тяжесть уменьшается обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то стало быть $\frac{g'}{g}=\frac{R^2}{(R+x)^2}$ (гдѣ R означаетъ радіусъ земли), или $\frac{h}{h'}=\frac{R^2}{(R+x)^2}$. Эта формула опредѣляетъ длину ртутнаго столба, стало быть вмѣсто h' должно ввести въ формулу $h'\frac{R^2}{(R+x)^2}$ и тогда $\log\left(\frac{h}{h'}\right)$ обратится въ $\log\left[\frac{h}{h'}\left(\frac{R+x}{R}\right)^2\right]=\log\left(\frac{h}{h'}\right)+2\log\left(\frac{R+x}{R}\right)=\log\frac{h}{h'}+2\log\left(1+\frac{x}{R}\right)$; $x'=8594{,}083\ [1+0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi']\cdot[1+0{,}0025\ (t+t')]\left[\log\frac{h}{h'}+2\log\left(1+\frac{x}{R}\right)\right]+\left[\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)\right]$....(6).

2) Зная, что отъ уменьшенія силы тяжести уменьшается и плотность каждаго воздушнаго слоя, а слѣдовательно съ этимъ вмѣстѣ уменьшится и давленіе на нижніе слои, то если m (чер. 323) представляетъ положеніе нижняго барометра, а m'' верхняго, то послѣдній будетъ претерпѣвать то же самое давленіе, которое бы происходило въ точкѣ m', находящейся ниже; если бы сила тяжести не измѣнялась съ отвѣснымъ удаленіемъ отъ уровня моря, а потому численное рѣшеніе формулы (6) изобразитъ не mm'', но высоту mm'.

Для опредѣленія истинной высоты $mm'' = x'$, принимаютъ среднюю плотность всего воздушнаго столба mm'' равною плотности слоя, лежащаго посреднпѣ столба, т. е. отстоящаго отъ центра земли на разстояніи $R + \frac{1}{2} x'$. Если изобразимъ эту плотность черезъ δ', а ту плоскость, которая бы была, если бы сила тяжести не измѣнялась съ отвѣснымъ удаленіемъ отъ уровня моря, т. е. соотвѣтствующую столбу mm' черезъ δ, то по равенству массъ столбовъ mm'' и mm' будемъ имѣть, что $v\delta = v'\delta'$ (гдѣ v и v' суть объемы), или $x\delta = x'\delta'$, откуда $x' = x \times \frac{\delta}{\delta'}$; но плотности δ и δ' пропорціональны силѣ тяжести g и g', на нижней точкѣ стоянія и на высотѣ $= \frac{1}{2} x$, а тяжесть уменьшается въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній, то $x' = x \frac{g}{g'}$, или $= x \left(\frac{R + \frac{1}{2} x}{R}\right)^2$. Сокративъ, разложивъ по строкѣ и отбросивъ членъ втораго порядка получимъ $x' = x \times \left(1 + \frac{x}{R}\right)$. И такъ искомая поправка состоитъ въ умноженіи выведенной нами 6 формулы на двучленнаго множителя $\left(1 + \frac{x}{R}\right)$ а потому полная формула будетъ $x' = 8394{,}083\ [1 + 0{,}002588 \operatorname{Cos} 2\varphi'].\ [1 + 0{,}0025\ (t + t')].\ \left[\log \frac{h}{h'} + \log \left(1 - \frac{T - T'}{1440}\right) + 2 \log \left(1 + \frac{x}{R}\right)\right].\ \left(1 + \frac{x}{R}\right)$..... (7).

Изъ этой формулы (7) величина x получится въ саженяхъ, а для выраженія ея въ другихъ какихъ либо единицахъ мѣры должно только коэфиціентъ 8394,083 выразить этими мѣрами.

Употребляется эта формула такъ: сначала всѣ члены второй части уравненія, содержащіе x отбрасываются и опредѣляютъ x', потомъ найденный x' вставляютъ въ выше сказанные члены вмѣсто x и производятъ вычисленіе снова.

Выведенная формула можетъ быть преобразована въ такую, которую можно будетъ разложить въ таблицы. Чтобы это сдѣлать, то члены $2 \log \left(1 + \frac{x}{R}\right)$ и $\log \left(1 - \frac{T - T'}{4440}\right)$ разло-

жимъ по строкѣ и при этомъ ограничимся только первою степенью, т. е. $\log.\left(1+\frac{x}{R}\right)=\frac{2Mx}{R}$.... (1) и $\log\left(1-\frac{T-T'}{4440}\right)=-M\left(\frac{T-T'}{4440}\right)=-0{,}0001(T-T')$; гдѣ M есть модуль, котораго $\log \bar{1}{,}6377843$. Если для сокращенія изобразимъ выраженіе $\log\frac{h}{h'}-0{,}0001\ (T-T')$ черезъ $\log\frac{H}{H'}$ (гдѣ H и H′ очевидно будутъ выражать высоты ртути, исправленныя отъ вліянія температуры), то формула (7) приметъ такой видъ: $x'=8394{,}083\ [1+0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi']\ [1+0{,}0025\ (t+t')]\left(\log\frac{H}{H}+\frac{2Mx}{R}\right).\left(1+\frac{x}{R}\right)$..... (8)

Для перваго приближенія отбрасываемъ члены: $[1+0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\ \varphi']$; $\frac{2Mx}{R}$ и $\left(1+\frac{x}{R}\right)$ и получаемъ $x'=8394{,}083.\ [1+0{,}0025\ (t+t')]\log\frac{H}{H'}$ умноживъ объ части уравненія на $\frac{2M}{R}$ получимъ $\frac{2Mx'}{R}=\frac{2M.\ 8394{,}083}{R}\ [1+0{,}0025\ (t+t')]\log\frac{H}{H'}$ при $R=2984071{,}3$ саж. получимъ, что $\frac{2Mx'}{R}=0{,}0025.[1+0{,}0025\ (t+t')].\log\frac{H}{H'}$ или $\frac{2Mx'}{R}=[0{,}0025+0{,}00000625\ (t+t')]\times\log\frac{H}{H'}$. Теперь придадимъ къ обѣимъ частямъ равенства по $\log\frac{H}{H'}$ отъ чего и получимъ:

$$\log\frac{H}{H'}+\frac{2Mx'}{R}=\left\{0{,}0025+0{,}00000625.\ (t+t')\right\}\log\frac{H}{H'}+\log\frac{H}{H'}$$

или $\log\frac{H}{H'}+\frac{2Mx'}{R}=\left[\left\{0{,}0025+0{,}00000625\ (t+t')\right\}1+1\right]\log\frac{H}{H'}$;

или $\log\frac{H}{H'}+\frac{2Mx'}{R}=\left\{1{,}0025+0{,}00000625\ (t+t')\right\}.\log\frac{H}{H'}$; если

выставить за скобку 1,0025, то получимъ $\log \frac{H}{H'} + \frac{2Mx'}{R} = 1{,}0025 \times \left\{1 + 0{,}00000624\ (t+t')\right\}. \log \frac{H}{H'}$; отбросивъ множителя 1,0025 внесемъ остальную часть въ формулу 8, въ которой коефиціентъ 8594,083 выразимъ фут., то получимъ: $x' = 60158{,}581$ ф. $\times \left[1 + 0{,}0025\,(t+t')\right] \log \frac{H}{H'} \times \left\{1 + 0{,}00000624\ (t+t')\right\} \left\{1 + 0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi'\right\}. \left\{1 + \frac{x}{R}\right\}$, взявъ логариѳмъ будемъ имѣть

$$\log x' = 4{,}7792976 + \log\left\{1 + 0{,}0025\,(t+t')\right\} + \log.\ \log \frac{H}{H'} + \log \left\{1 + 0{,}00000624\ (t+t')\right\} + \log\ (1 + 0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi') + \log \left(1 + \frac{x}{R}\right) \ldots\ (9)$$

Здѣсь t и t' представляютъ число градусовъ Реомюрова термометра, но если будетъ употребленъ Цельсіевъ термометръ, то должно умножить на $^4/_5$ коефиціенты передъ $(t+t')$ и $(T-T')$.

Если развернуть по строкѣ, логариѳмы членовъ:

$\left\{1 + 0{,}00000624(t+t')\right\}$ получимъ $0{,}0000027\ (t+t')$
$\left\{1 + 0{,}002588\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi\right\}$ — $0{,}00112395\ \mathrm{Cos}\ 2\varphi'$
$\left\{1 + \frac{x}{R}\right\}$ — — — $\frac{Mx}{R}$.

Вставя это въ формулу (9) и замѣнивъ $\log \frac{H}{H'}$ равнымъ ему членомъ $\left\{\log \frac{h}{h'} - 0{,}0001\ (T - T')\right\}$ получ. $\log x' = 4{,}7792976 + \log \left\{1 + 0{,}0025\,(t+t')\right\} + 0{,}0000027\ (t+t') + 0{,}00112395\ \mathrm{Cos}\ 2'\varphi + \log \left\{\log \frac{h}{h'} - 0{,}0001\ (T - T')\right\} + \frac{Mx}{R} \ldots\ (10)$.

Формула эта можетъ быть удобно разложена въ таблицы, которыя приложены въ концѣ книги чертежей.

Таблица № 8 содержитъ сумму слѣдующихъ логариѳмовъ: $4{,}7792976$; $\left\{1 + 0{,}0025\ (t+t')\right\} + 0{,}0000027\ (t + t')$.

Таблица № 9 содержитъ log поправки отъ широты мѣста, а

таблица № 10 содержитъ log поправки отъ уменьшенія тяжести.

Употребленіе этихъ таблицъ слѣдующее:

Вмѣсто T, T′, t и t' подставляютъ наблюденное число градусовъ Реомюрова термометра; если же наблюденія дѣлались по стоградуснымъ термометрамъ, то предварительно и ихъ нужно обратить въ градусы Реомюрова термометра, h и h' есть наблюденныя высоты ртути въ барометрахъ. По этимъ даннымъ вычисленіе начинается опредѣленіемъ члена изъ формулы (7) $\log \frac{h}{h'}$ и 0,0001 (T—T′). При умноженіи разности температуръ T и T′ ртути на 0,0001 должно вводить въ вычисленіе градусы съ соотвѣтствующими имъ знаками; полученное произведеніе вычитается изъ разности $\log h - \log h'$, если T — T′ величина положительная и прикладывается если отрицательная, потомъ должно взять логарифмъ результата, котораго величину изобразимъ черезъ p. Послѣ того, пріискивается въ таблицѣ № 8 число соотвѣтственное величинѣ $(t+t')$, а въ таблицѣ № 9 поправку отъ широты. Потомъ берутъ алгебраическую сумму всѣхъ этихъ трехъ чиселъ, которая и выразитъ логарифмъ приближенной высоты, напримѣръ x; потомъ изъ 2 столбца таблицы № 10 берется число соотвѣтствующее логарифму x, которое и прикладывается къ найденному результату; вновь найденная сумма изобразитъ точный логарифмъ искомой высоты.

Практическія замѣчанія касательно барометрическихъ наблюденій.

Барометрическія наблюденія бываютъ двухъ родовъ: а) соотвѣтственныя, т. е. производимыя одновременно на обѣихъ данныхъ точкахъ и в) абсолютныя, т. е. производимыя въ одной только высшей точкѣ для опредѣленія высоты ея надъ поверхностію океана. При соотвѣтственныхъ наблюденіяхъ должно руководствоваться слѣдующимъ:

1) Чтобы наблюдатели имѣли: а) барометръ съ термометромъ, вдѣланнымъ въ его оправу; б) отдѣльный термометръ для опредѣленія температуры воздуха, и в) часы.

Передъ наблюденіемъ и по окончаніи наблюденій барометры и термометры должны быть сравнены и это дастъ возможность привести наблюденія въ такой видъ, какъ бы они были сдѣланы однимъ барометромъ.

2) На мѣстахъ наблюденій барометръ и термометръ должны быть повѣшены отвѣсно на открытомъ мѣстѣ и по крайней мѣрѣ фута на три отъ поверхности земли.

3) Термометры должны быть повѣшены въ тѣни и такъ, чтобы они находились отъ поверхности тѣхъ предметовъ, гдѣ висятъ по крайней мѣрѣ на дюймъ.

4) Повѣсивъ инструменты на мѣстахъ наблюденій, надобно оставить ихъ на нѣкоторое время въ покоѣ и не прикасаться къ нимъ: къ барометрамъ для того, чтобы ртуть перестала колыхаться и показала точное давленіе атмосферы; а къ термометрамъ для того, чтобы температура ртути уравновѣсилась съ температурою воздуха.

5) Часы наблюдателей предварительно должны быть свѣрены между собою. Наблюдатели должны условиться, въ какой именно часъ и въ какую минуту будутъ замѣчать состояніе ртути въ барометрѣ. Эти наблюденія они записываютъ въ свой журналъ и повторяютъ ихъ чрезъ каждую четверть часа и даже чрезъ каждыя пять минутъ; чѣмъ болѣе будетъ сдѣлано наблюденій, тѣмъ среднія величины: для высоты ртутныхъ столбовъ и для температуры будутъ вѣрнѣе.

Эти-то среднія величины и выразятъ величины h и h', t и t', которыя и надобно вводить въ формулу.

6) Должно избирать для наблюденій погоду тихую, при небѣ немного пасмурномъ и несклонную къ перемѣнѣ и избѣгать дней вѣтреныхъ, потому что ни что такъ не измѣняетъ правильнаго давленія атмосферы, какъ вѣтеръ. Не должно дѣлать наблюденій во время дождя, снѣга, грозы, или какихъ либо особенныхъ явленій атмосферы.

Въ случаѣ если невозможно сдѣлать соотвѣтственныхъ наблюденій, то наблюденія дѣлаются абсолютныя и для доставленія имъ большей точности, необходимо распредѣлить наблюденія въ такомъ порядкѣ: сначала въ нижней данной точкѣ, потомъ на верхней и послѣ по возвращеніи на нижнюю точку снова сдѣлать наблюденія, тогда изъ разности показаній барометра и термометра на нижней точкѣ можно приблизительно опредѣлить на сколько именно уменьшились высоты ртутныхъ столбовъ въ продолженіе каждаго часа и по этимъ даннымъ тоже приближенно можно вычислить высоту ртути на нижней точкѣ въ то время, когда дѣлалось наблюденіе на верхней и уже эти величины вводятся въ формулу вмѣсто h' и t'.

Для опредѣленія же абсолютной высоты какого либо мѣста надъ поверхностію океана среднія величины: для высоты ртути барометра и для температуры выводятся изъ наблюденій, производимыхъ въ этомъ мѣстѣ ежедневно и въ продолженіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ и даже лѣтъ, которыя и замѣнятъ въ формулѣ h', t' и T'; вмѣсто же h, t и T подставляются величины соотвѣтствующія той же широтѣ при уровнѣ океана. Въ концѣ книги чертежей прилагается таблица № 11, въ которой даны среднія высоты ртутныхъ столбовъ (въ миллиметрахъ) при уровнѣ океана, подъ различными широтами и приведенныя къ 0° температуры.

Примѣчаніе. Если барометрическія шкалы имѣютъ разныя дѣленія, т. е. одинъ, напримѣръ въ парижскихъ линіяхъ, а другой въ миллиметрахъ, то должно ихъ приводить къ одной мѣрѣ. Зная, что 1000 миллимет.=443,296 парижскимъ линіямъ=393,708 англійск. лин:

ГЛАВА XXIX.

§ 129. Понятіе о широтахъ и долготахъ.

Вообразимъ, что (чер. 325) PZBP'A представляетъ сферу неба, а *abzfh* земную поверхность. Линія *bh*, около которой обра-

щается земля, называется осью земли, а точки *b* и *h* земными полюсами. Продолживъ земную ось до пересѣченія съ небеснымъ сводомъ, получимъ точки P и P′, называемыя небесными полюсами. Плоскость, проведенная черезъ полюсы и какую нибудь точку земной поверхности, называется плоскостію меридіана.

Плоскость, проходящая черезъ центръ земли перпендикулярно къ ея оси, усѣкая земную поверхность, изобразитъ окружность *aa′ff′*, называемую земнымъ экваторомъ; а будучи продолжена до встрѣчи съ небеснымъ сводомъ, изобразитъ окружность AA′BB′, называемую небеснымъ экваторомъ. Самая же плоскость называется плоскостію экватора.

Возьмемъ на земной поверхности точку *z*, соединимъ ее съ центромъ земли M и продолжимъ въ обѣ стороны до пересѣченія съ сферою неба, то получимъ точку Z, называемую зенитомъ и точку Z′, называемую надиромъ.

Горизонтальная плоскость *mm*, проведенная черезъ точку *z*, называется видимымъ горизонтомъ этой точки, а плоскость *nn*, проведенная черезъ центръ земли параллельно видимому горизонту, называется истиннымъ горизонтомъ.

Кругомъ склоненія свѣтила называется кругъ, проведенный черезъ данное свѣтило и полюсы P и P′. Склоненіемъ свѣтила называется дуга круга склоненія отъ экватора до свѣтила, наприм. *xx′* и B*y* и т. п. Дуга круга, проведеннаго черезъ зенитъ, черезъ данное свѣтило и центръ земли, считаемая отъ зенита до свѣтила, называется зенитнымъ разстояніемъ, напримѣръ Z*x*, Z*y* и т. п.

Широтою мѣста называется дуга меридіана, считаемая отъ экватора до даннаго мѣста, напримѣръ *fz* (предполагая, что кругъ *alfh* есть меридіанъ, слѣдовательно и кругъ PZBP′Z′ тоже будетъ меридіанъ).

Для опредѣленія градусной величины дуги *fz* поступаютъ такъ: опредѣляютъ градусную величину одноцентренной съ нею дуги ZB, которая состоитъ изъ двухъ дугъ: Z*y* и *y*B; изъ нихъ дуга Z*y* есть зенитное разстояніе свѣтила, во время нахожденія его на меридіанѣ, а дуга *y*B есть меридіанальное склоненіе

свѣтила, величину котораго можно найдти въ астрономическихъ календаряхъ. И такъ задача при опредѣленіи широты мѣста обратилась въ слѣдующую: найдти зенитное разстояніе свѣтила въ моментъ прохожденія его черезъ меридіанъ, для этого астрономы поступаютъ такъ: избравъ какую нибудь звѣзду, опредѣляютъ зенитное ея разстояніе до прохожденія ея черезъ меридіанъ и потомъ, когда она уже пройдетъ его, послѣ по даннымъ формуламъ перечисляютъ найденныя зенитныя разстоянія на меридіанальныя, и тогда дуга Zy будетъ опредѣлена довольно точно. Стало быть задача рѣшена.

При этомъ нужно замѣтить, что сходство результатовъ убѣдитъ въ достоинствѣ наблюденій.

Долготою мѣста называется дуга экватора между меридіаномъ, принятымъ за главный и меридіаномъ, проведеннымъ черезъ данное мѣсто.

Хотя есть способы опредѣлять прямо долготу мѣста, но предпочитается опредѣленіе долготъ производить такимъ образомъ: избираютъ неподалеку отъ даннаго мѣста такое мѣсто, котораго долгота уже опредѣлена и потомъ опредѣляютъ разность долготъ мѣста даннаго и избраннаго. Понятно, что придавъ или отнявъ (смотря потому, какъ лежитъ избранное мѣсто) найденную разность къ долготѣ избраннаго мѣста, получимъ долготу даннаго мѣста относительно главнаго меридіана.

Опредѣленіе разности долготъ производится: или помощію перевозки хронометровъ; или помощію пороховыхъ сигналовъ, или помощію телеграфа, или помощію наблюденія надъ затмѣніями и еще другими способами.

Широты и долготы весьма важны при составленіи сводной сѣти, потому что помощію ихъ можно различныя отдѣльныя сѣти помѣстить на бумагу, сохраняя ихъ относительныя положенія на земной поверхности.

ГЛАВА XXX.

§ 130. Понятіе о картахъ.

Карта есть изображеніе на бумагѣ проэкціи значительной части земной поверхности, снятой способами Высшей Геодезіи. Карты подраздѣляются: на Географическія и Топографическія.

Географическія карты представляютъ: или цѣлое полушаріе, или часть свѣта, или государство, или область и проч.

Географическія карты подраздѣляются на генеральныя и спеціальныя; изъ нихъ послѣднія отличаются отъ первыхъ большею точностію и подробностію.

На топографическихъ картахъ изображаютъ всѣ примѣчательные предметы съ соблюденіемъ ихъ относительной величины, вида и съ сохраненіемъ ихъ взаимнаго положенія, а также изображаютъ и самый характеръ мѣстности.

Когда требуется на составляемой картѣ изобразить какіе нибудь предметы съ наибольшею точностію, не обращая вниманія на прочіе, тогда карта сообразно съ цѣлію своего назначенія и принимаетъ особое уже наименованіе, такъ напримѣръ: карты межевыя, морскія, горныя, лѣсныя, почтовыя и проч.

Топографическія карты составляются слѣдующимъ образомъ. На изготовленную сѣтку изъ меридіановъ и параллелей наносятъ имѣющіяся тригонометрическія сѣти и потомъ сѣти пополняютъ нанося приготовленныя топографическія съемки. Уменьшенныя топографическія карты называются семитопографическими или полутопографическими. На этихъ картахъ главное вниманіе обращается на выраженіе общаго характера мѣстности. Семитопографическія карты, будучи уменьшены по принятому масштабу, называются спеціальными географическими картами. На спеціальныхъ географическихъ картахъ, представляющихъ собою: или часть свѣта, или государство, или область и проч. назначаются существующія границы, какъ общаго пространства, такъ равно и границы всѣхъ подраздѣленій этой мѣстности, при томъ же назначается: направленіе рѣкъ, цѣпей, горъ и

проч. Города, селенія и проч. назначаются на этихъ картахъ условными знаками.

Семитопографическія и географическія спеціальныя карты будучи уменьшены по принятому масштабу, называются географическими генеральными картами. Масштабъ для составленія картъ принятъ слѣдующій: для картъ топографическихъ, англійскій дюймъ принимаютъ за 500 сажень; для семитопографическихъ отъ 3-хъ до 5-ти верстъ, для спеціальныхъ отъ 5-ти до 10-ти и болѣе верстъ въ дюймѣ. Для географическихъ же картъ масштабъ произвольный.

Примѣчаніе. Описанный способъ составленія картъ есть наилучшій, потому что дѣлается переходъ отъ подробнѣйшихъ картъ къ менѣе подробнымъ, отъ чего и получается большая точность; ибо погрѣшности, сдѣланныя на топографическихъ картахъ будутъ не столь ощутительны въ семитопографическихъ, въ спеціальныхъ еще менѣе, а въ генеральныхъ совершенно уничтожаются. Но мы видимъ, что во всѣхъ почти государствахъ генеральныя карты составились прежде всѣхъ и потому точность изображенныхъ на нихъ предметовъ зависитъ большею частію отъ подробнаго изслѣдованія края и отъ вѣрности собранныхъ свѣдѣній.

ГЛАВА XXXI.

§ 131. Составленіе картъ.

Земная поверхность, имѣя сферическій видъ, не можетъ быть точно развернута на плоскость бумаги, подобно поверхностямъ цилиндрической и конической, и потому при составленіи картъ нѣтъ никакой возможности сохранить относительное положеніе между наносимыми предметами мѣстности. Но чтобы сколь возможно ближе находить относительныя положенія то предварительно составляютъ сѣтку, (т. е. чертежъ по извѣстнымъ пріемамъ, набумагѣ), изъ проэкціи меридіановъ и круговъ параллельныхъ.

Сѣтки такого рода составляются: или по правиламъ перспективы, или по правиламъ развертыванія, и потому онѣ получаютъ и свое названіе: 1) проэкціи перспективныя и 2) проэкціи произвольныя.

ГЛАВА XXXII.

ПРОЭКЦІИ МЕРИДІАНОВЪ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХЪ КРУГОВЪ ИЛИ СѢТКИ.

Проэкціею называютъ графическое изображеніе на бумагѣ части земной поверхности со всѣми проведенными на ней дугами круговъ.

Проэкціи, какъ мы уже говорили, раздѣляются на перспективныя и произвольныя.

§ 132. Понятіе о перспективныхъ проэкціяхъ.

Въ перспективныхъ проэкціяхъ изображеніе части земной поверхности на плоскости бумаги зависитъ отъ положенія глаза, и той плоскости, на которую производится проэктированіе.

Предположимъ (чер. 326), что глазъ наблюдателя помѣщенъ въ какой нибудь опредѣленной точкѣ M, а фигура ABDHF представляетъ фигуру мѣстности; вообразимъ, что между глазомъ и данною фигурою помѣщена прозрачная плоскость NN′ перпендикулярно къ среднему лучу MP, тогда лучи MA, MB и т. д. пересѣкая плоскость NN′ изобразятъ на ней точки *a*, *b* и т. д.; соединивъ ихъ получимъ многоугольникъ *abfhl*, который будетъ перспективное изображеніе даннаго многоугольника. Плоскость NN′ называется плоскостію перспективы.

Если вмѣсто многоугольника будетъ видна часть земнаго сфероида съ проведенными на ней меридіанами и параллельными кругами, то изображеніе всѣхъ этихъ земныхъ круговъ на плос-

кости перспективы и будетъ называться перспективною проэкціею. Проэкціи эти употребляются только для изображенія цѣлыхъ полушарій, для отдѣльныхъ частей полушарія онѣ неудобны, и въ самомъ дѣлѣ въ этихъ проэкціяхъ видъ однаго и того же изображаемаго пространства будетъ зависѣть отъ мѣста точки зрѣнія, которой можно дать безконечное число различныхъ положеній; стало быть столько же получимъ и различныхъ перспективныхъ изображеній; по этому Птоломей предложилъ употреблять перспективныя проэкціи, обусловливая ихъ такъ, чтобы плоскость перспективы всегда проходила черезъ центръ шара, а точки зрѣнія помѣщались на поверхности шара и притомъ, чтобы плоскость перспективы была перпендикулярна къ радіусу, проведенному въ ту точку, гдѣ помѣщенъ глазъ и эта проэкція названа стереографическою.

Кромѣ стереографической проэкціи существуютъ еще проэкціи орфографическія и центральныя.

Мы сказали, что въ стереографическихъ проэкціяхъ глазъ наблюдателя помѣщается на поверхности шара, а плоскость перспективы проходитъ черезъ центръ земли перпендикулярно къ радіусу, проведенному въ ту точку, гдѣ помѣщенъ глазъ.

Въ орфографическихъ проэкціяхъ воображаютъ глазъ наблюдателя удаленнымъ на безконечно далекое разстояніе, отъ чего всѣ лучи зрѣнія будутъ параллельны между собою. Въ этихъ проэкціяхъ плоскость перспективы проходитъ черезъ центръ шара перпендикулярно къ линіи, соединяющей центръ шара съ глазомъ.

Центральная проэкція есть та, которая произойдетъ если предположить, что глазъ наблюдателя въ центрѣ сферы, а плоскость перспективы есть плоскость касательная.

Каждая изъ этихъ родовъ проэкцій можетъ быть: I) экваторіальною, II) горизонтальною, и III) полярною.

ГЛАВА XXXIII.

СТЕРЕОГРАФИЧЕСКІЯ ПРОЭКЦІИ.

Свойство стереографическихъ проэкцій есть то, что гдѣ бы на поверхности земли ни взята бы была точка зрѣнія, дуги меридіановъ и параллельныхъ круговъ на проэкціи представятся или въ видѣ прямыхъ линій, или въ видѣ круговъ, а сферическіе углы на сферѣ, на проэкціи сохраняютъ свою величину. Предположимъ (чер. 327), что плоскость круга *ab* перпендикулярна къ плоскости ABDE, къ которой перпендикулярна и плоскость перспективы AD; уголъ *ab*E измѣряется $^1/_2$ (*a*A+AE), уголъ *nm*E измѣряется $^1/_2$ (*a*A+DE), но DE=AE; стало быть и уголъ *ab*E=*nm*E; вообразивъ, что всѣ точки окружности *ab* соединены съ точкою E, тогда получимъ косой конусъ, въ которомъ *nm* будетъ антипараллельное сѣченіе, но антипараллельное сѣченіе есть кругъ.

Предположимъ, что (чер. 328) плоскость круга *ab* неперпендикулярна къ ABDE, тогда если центръ круга *ab*, т. е. точку *f* соединимъ съ центромъ шара H, то линія *f*H будетъ перпендикулярна къ плоскости *ab*; плоскость B*f*H, проходящая черезъ ось конуса и прямую *f*H будетъ перпендикулярна къ плоскости круга *ab*. Если вообразить теперь, что сфера будетъ обращена около линіи BE, тогда плоскость B*f*H совмѣстится съ плоскостію ABD и слѣдовательно плоскость *ab* будетъ перпендикулярна къ ней, тогда случай этотъ обращается въ предшествующій. Слѣдовательно всякій кругъ взятый на сферѣ, проэктируется въ стереографской проэкціи также кругомъ.

Разсмотримъ теперь, дѣйствительно ли углы на сферѣ будутъ проэктироваться на плоскость перспективы равными (чер. 329). Пусть данный сферическій уголъ измѣряется линейнымъ угломъ *baf*, составленнымъ касательными *ba* и *af*; предположимъ, что точка зрѣнія находится въ E, а плоскость перспективы AD перпендикулярна къ среднему лучу EB, тогда вершина сфери-

ческаго угла a проэктируется въ точкѣ m. Вообразивъ плоскости черезъ bam и fam, касательныя ab и af проэктируются въ направленіи mn и въ mn', теперь требуется доказать, что $baf = n'mn$, продолживъ плоскость AD до встрѣчи съ плоскостію проведенною черезъ baf получимъ въ сѣченіи прямую bf, а продолживъ плоскость ABDE въ сѣченіи получимъ ah и hm, при чемъ ah, лежащая въ плоскости abf будетъ перпендикулярна къ радіусу aM. Плоскость ABDE будучи перпендикулярна къ плоскостямъ AD и abf будетъ перпендикулярна и къ общему сѣченію ихъ, т. е. къ линіи bf. И такъ углы bha, ahf, bhm и mhf будутъ прямыми; въ тріугольникѣ ahm, уголъ ham, какъ составленный касательною ah и хордою aE будетъ измѣряться $\frac{a\text{A}+\text{AE}}{2}$; уголъ amh будетъ измѣряться $\frac{\text{A}a+\text{ED}}{2}$ или $\frac{\text{A}a+\text{AE}}{2}$; по равенству этихъ угловъ, $ah=hm$, тріугольники bhm и ahb тоже равны, ибо имѣютъ сторону bh общую и $ha=hm$, изъ равенства слѣдуетъ, что уголъ $bah=bmh$; также докажемъ, что и $hmf=haf$, а слѣдовательно и весь уголъ $baf=bmf$.

§ 133. Проэкція экваторіальная.

Экваторіальною проэкціею называютъ ту, которая составится, если точка зрѣнія будетъ помѣщена на экваторѣ, слѣдовательно плоскость меридіана будетъ служить плоскостію перспективы. На чертежѣ (330) плоскость меридіана ABED есть плоскость перспективы; точка p, (лежащая сзади этой плоскости) есть то мѣсто на экваторѣ, гдѣ помѣщенъ глазъ, тогда кривыя BmD, Bm'D и т. д. изобразятъ проэкціи дугъ меридіановъ, а кривые $aa'a$, $bb'b$ и т. д. проэкціи круговъ параллелей.

Разсмотримъ теперь какъ строится такая проэкція; очевидно, что для начерченія кривыхъ должно знать положеніе ихъ центра, а чтобы найдти центры круговъ BmD, Bm'D, Bm''D и т. д., предполагаютъ шаръ повернутымъ такъ, чтобы кругъ A′B′D′p',

(чер. 331) представлялъ плоскость экватора, которая на чер. (330) проэктирована линіею AE. Раздѣливъ полуокружность экватора A′B′D′ на такія равныя части, чтобы каждая выражала то число градусовъ, черезъ которое желаютъ провести эти круги (пусть напримѣръ черезъ 15 градусовъ, при чемъ дѣлятъ A′B′ и D′p' каждую на 6 равныхъ частей); точки діаметрально противуположныхъ дѣленій соединяютъ съ точкою p' (то есть съ точкою зрѣнія), отъ чего и получаютъ точки: m, m^1, m_2, m_3, m_4, n, n^1, n_2, n_3, n_4. Потомъ находятъ положеніе точекъ t, t^1, t_2 и т. д., т. е. средины линій: mn, m^1n^1, m_2n_2 и т. д.; отложивъ отъ M (чер. 330) по линіи ME длину линіи Mt (331) получимъ центръ для дуги BmD (330) радіусъ которой будетъ линія B′t и т. д. (331).

Если предположить (чер. 331), что A′B′D′p' представляетъ плоскость меридіана, тогда точки A′ и D′ будутъ представлять полюсы B и D, то въ этомъ случаѣ точки n,n',n_2 и т. д. будутъ представлять центры проэкцій круговъ параллельныхъ. Взявъ длину D′n, откладываютъ ее на продолженіе радіуса MB (отъ B, чер. 330) и изъ полученной точки описываютъ дугу радіусомъ $a'n$ (чер. 331); отложивъ отъ B длину D′n', изъ полученной точки описываютъ дугу радіусомъ $b'n'$ (чер. 331) и т. д. Сдѣлавъ такое же построеніе и по другую сторону получимъ чертежъ, представляющій экваторіальную проэкцію полусферы.

§ 134. Проэкція горизонтальная.

Горизонтальная проэкція есть та, которая составится, когда глазъ будетъ помѣщенъ между полюсомъ и экваторомъ и плоскость истиннаго горизонта будетъ служить плоскостью перспективы (чер. 332). Въ этой проэкціи ABED представляетъ плоскость перспективы, или плоскость истиннаго горизонта; точка M (сзади этой плоскости) мѣсто глаза, а точки P и P′ полюсы земли. Тогда точка p будетъ проэкція полюса P. Круги aa, bb и т. д. будутъ представлять проэкціи круговъ парал-

лельныхъ, а кривыя *прп*, *трт* и т. д. проэкціи меридіановъ.

Чтобы начертить такую проэкцію, то опредѣлимъ центры круговъ *aa*, *bb* и т. д. и *прп*, *трт* и т. д. Для этого вообразимъ шаръ (чер. 333), повернутымъ такъ, что плоскость A′B′E′M′ будетъ представлять плоскость меридіана и точки P, P′ будутъ полюсы; плоскость TT′ выразитъ плоскость экватора, а плоскость A′E′—плоскость истиннаго горизонта, или плоскость перспективы, а точка M′ мѣсто глаза. Тогда круги *a′a′*, *b′b′* и т. д. изобразятся на плоскости перспективы A′E′ тоже кругами; ибо въ косыхъ конусахъ *a′M′a′*, *b′M′b′* и т. д. плоскость A′E′ будетъ плоскость антипараллельнаго сѣченія. Для опредѣленія центровъ этихъ круговъ проэктируемъ полюсъ P, и пусть это будетъ точка *p′*, раздѣляютъ полуокружность P′T′P на такія равныя части, чтобы въ каждой было такое число градусовъ, черезъ которое желаютъ провести круги; пусть эти точки дѣленія будутъ *a′*, *b′*, *l′*, *h′* и т. д.; соединивъ ихъ съ точкою M′, получимъ точки *a″*, *b″*, *h″* и т. д.; отложивъ по линіи AE (на чер. 332) отъ A длину A′*p′* получимъ точку *p* проэкцію полюса, изъ этой точки *p* описываютъ круги радіусами *pa″*, *pb″*, *ph″* и т. д., полученныя черезъ это круги *aa*, *bb* и т. д. будутъ проэкціями круговъ параллельныхъ.

Для опредѣленія центровъ дугъ проэкціи меридіановъ проэктируютъ и другой полюсъ P′; линію *p′p″* раздѣляютъ пополамъ, изъ полученной точки *p‴* возставляютъ къ линіи A′E′ перпендикуляръ *p‴p*^{IV}, а изъ точки *p′* описываютъ произвольнымъ радіусомъ $^1/_4$ окружности, которую раздѣляютъ на части такъ, чтобы въ каждой было то число градусовъ, которое должно заключаться между дугами меридіановъ. Пусть концы этихъ дугъ будутъ точки *m*, *m′*, *m″*, *m‴*, *m*^{IV}, соединивъ ихъ съ *p′*, получимъ на линіи *p‴* p^{IV} точки *n*, *n′*, *n″*, *n‴* и *n*^{IV} которыя и будутъ центрами для проэкцій меридіановъ. Отложивъ отъ *p* (на чер. 332) длину линіи *p′ p‴*, возставляютъ изъ полученной точки K перпендикуляръ, на которомъ, начиная отъ точки K откладываютъ въ обѣ стороны длины линій *p‴n*, *p‴n*, *p‴n″* и т. д.; послѣ изъ полученныхъ точекъ *s*, *s′*, *s″*, *s‴* и

т. д. описываютъ дуги такъ; изъ s и l радіусомъ sp; изъ s' и изъ l' радіусомъ $s'p$; изъ s'' и изъ l'' радіусомъ $s''p$ и т. д.

§ 135. Проэкція полярная.

Стереографическая полярная проэкція есть та, которая составится, если глазъ будетъ помѣщенъ въ одинъ изъ полюсовъ, а плоскость экватора будетъ служить плоскостію перспективы.

Вообразимъ, что Ap Bp' (чер. 335) есть плоскость меридіана, и что въ полюсѣ p' помѣщенъ глазъ, тогда плоскость перспективы будетъ плоскость экватора AB. А такъ какъ плоскости круговъ aa', bb' и т. д., т. е. основанія прямыхъ конусовъ будутъ параллельны къ плоскости экватора, то круги aa', bb' и т. д. проэктируются одноцентренными кругами, величина радіусовъ которыхъ опредѣлится проэкціями точекъ a, b и т. д. Если (чер. 334) изъ точки M радіусами ED, HE, EF и т. д. опишемъ круги, то они выразятъ проэкціи круговъ параллельныхъ; раздѣливъ послѣдній кругъ NN′N″N‴ на столько частей, чтобы въ каждой было то число градусовъ, черезъ которое желаютъ провести меридіаны, и соединивъ прямыми линіями точку M съ m' съ m' съ m'' и т. д. получимъ проэкціи меридіановъ. И такъ чертежъ 334 представитъ стереографическую горизонтальную проэкцію.

ГЛАВА XXXIV.

ПРОЭКЦІИ ОРФОГРАФИЧЕСКІЯ.

§ 136. Проэкція экваторіальная.

Въ орфографической экваторіальной проэкціи плоскость меридіана будетъ плоскость перспективы. На этой проэкціи параллельные круги изобразятся прямыми параллельными линіями, а

меридіаны эллипсисами на томъ основаніи, что перпендикуляры опущенные изъ всѣхъ точекъ меридіана на плоскость перспективы составятъ поверхности наклонныхъ цилиндровъ съ круговымъ основаніемъ; а такъ какъ плоскость перспективы будетъ непараллельна основанію ихъ, то эти сѣченія косыхъ цилиндровъ и будутъ эллипсисы.

§ 137. Проэкція горизонтальная.

Въ горизонтальной проэкціи плоскость перспективы будетъ истинный горизонтъ, слѣдовательно въ этой проэкціи всѣ круги параллельные и меридіаны будутъ эллипсисы, исключая только меридіана, совпадающаго съ осью перспективы который изобразится прямою линіею.

§ 138. Проэкція полярная.

Въ полярной проэкціи плоскость перспективы будетъ экваторъ. Понятно, что въ этой проэкціи, подобно какъ и въ стереографической полярной проэкціи меридіаны проэктируются въ видѣ прямыхъ, а параллельные круги въ видѣ концентрическихъ круговъ.

Орфографическія проэкціи, по трудности черченія никогда не употребляются.

ГЛАВА XXXV.

§ 139. Центральныя проэкціи.

Въ центральной экваторіальной проэкціи плоскость перспективы будетъ плоскость касательная къ экватору.

Въ центральной горизонтальной проэкціи плоскость перспективы будетъ касательная плоскость въ произвольной точкѣ шара.

Въ полярной проэкціи плоскость перспективы есть плоскость касательная въ одномъ изъ полюсовъ. Центральныя проэкціи вовсе никогда не употребляются.

Описанныя проэкціи имѣютъ слѣдующія неудобства: въ стереографическихъ проэкціяхъ разстоянія между предметами, по мѣрѣ удаленія отъ центра карты уменьшаются, напротивъ въ орфографическихъ и центральныхъ увеличиваются. Это послужило поводомъ къ изобрѣтенію болѣе удобныхъ проэкцій.

ГЛАВА XXXVI.

ПРОИЗВОЛЬНЫЯ ПРОЭКЦІИ.

Произвольныя проэкціи можно подраздѣлить на два рода: 1, проэкціи для построенія цѣлыхъ полушарій и II, для построенія различныхъ частей шара.

Удобнѣйшія изъ произвольныхъ проэкцій для построенія полушарій есть Арровсмидта и Ламберта.

§ 140. Графическое построеніе проэкціи Арровсмидта.

Проэкція Арровсмидта строится такъ (чер. 336); въ окружности ABDE проводятъ два взаимно перпендикулярные діаметра AD и BE. Предположимъ, что требуется провести круги параллелей и меридіановъ напримѣръ черезъ 15°, для этого раздѣляютъ дуги AB, BD, DE и EA, каждую на 6 частей, а также и линіи AM, MB, MD и ME раздѣляютъ тоже на 6 частей, потомъ описываютъ дуги черезъ точки BmE, Bm'E, Bm''E и т. д. и эти дуги выразятъ проэкціи меридіановъ, потомъ описываютъ дуги черезъ точки a, a', a, черезъ b, b', b и т. д. и эти дуги будутъ проэкціями круговъ параллельныхъ.

Примѣчаніе. Арровсмидтъ кромѣ графическаго построенія далъ и формулы для опредѣленія длины радіусовъ круговъ, именно: $R = r + {}^{1}/_{60}\, r$ для меридіановъ, и $R_1 = \frac{r - 2nl + n^2}{2ln}$ для параллелей. Для вывода этихъ формулъ поступаютъ такъ: принявъ точку M за начало координатъ и предположивъ, что требуется провести кругъ черезъ $Bm^{IV}E$, означаютъ разстояніе Mm^{IV} черезъ n, а радіусъ этого круга черезъ R, то уравненіе круга, имѣющаго центръ на оси абсцисъ будетъ $(x + R - n)^2 + y^2 = R^2$; но такъ какъ этотъ кругъ долженъ пройдти черезъ B и E, то можно написать что $R^2 = r^2 + (R - n)^2$, гдѣ r есть длина BM; слѣдовательно $r^2 + (R - n)^2 = (x + R - n)^2 + y^2$; $(x + R - n)^2 = x^2 + 2xR + R^2 - 2xn - 2nR + n^2 = x^2 + 2xR - 2xn + (R - n)^2$. И такъ $r^2 = x^2 + 2xR - 2xn + y^2$. Предположивъ $y = 0$, а $x = n$ получимъ $r^2 = n^2 + 2nR - 2n^2$, или $r^2 = 2nR - n^2$; $2nR = r^2 + n^2$; $R = \frac{r^2}{2n} + \frac{n}{2}$; здѣсь величина n извѣстна, ибо радіусъ MD раздѣленъ на извѣстное число частей, пусть $n = \frac{r}{l}$ тогда $R = \frac{\frac{r^2}{r}}{2\frac{r}{l}} + \frac{r}{2l}$, $R = \frac{rl}{2} + \frac{r}{2l}$; въ нашемъ случаѣ r раздѣленъ на 6 частей и $n = 5$, тогда $n = \frac{r}{l}$ или $5 = \frac{6}{l}$; $l = \frac{6}{5}$, то $R = \frac{r}{2} \cdot \frac{6}{5} + \frac{r}{2} \cdot \frac{5}{6} = \frac{3}{5} r + \frac{5}{12} r$, или $R = r\left(\frac{36}{60} + \frac{25}{60}\right)$, или $R = \frac{61}{60} r$, т. е. радіусу r и $+\frac{1}{60} r$. Точно также найдутся и длины прочихъ радіусовъ меридіановъ. Взявъ за радіусъ $(r + \frac{1}{60} r)$ изъ B описываютъ дугу и пересѣченіе этой дуги съ продолженіемъ AD выразитъ центръ.

Для нахожденія радіусовъ проэкціи параллельныхъ круговъ поступаютъ такъ: предположимъ, что требуется провести параллель черезъ точку a', пусть $a'M = n$, искомый радіусъ R_1, тогда уравненіе круга, имѣющаго центръ на оси ординатъ будетъ:

$R_1^2 = x^2 + (R_1 + n - y)^2$, а уравненіе круга ABDE будетъ $r^2 = x^2 + y^2$; $x^2 = R_1^2 - (R_1 + n - y)^2$ и $x^2 = r^2 - y^2$; слѣдовательно $R_1^2 - \{R_1^2 + 2R_1 n + n^2 - 2R_1 y - 2ny + y^2\} = r^2 - y^2$; $R_1^2 - R_1^2 - 2R_1 n - n^2 + 2R_1 y + 2ny - y^2 = r^2 - y^2$; $r^2 = 2R_1 y + 2ny - 2R_1 n - n^2 = 2ny - n^2 + 2R_1 (y - n)$; предположивъ ординату y равною l получимъ $r^2 = 2nl - n^2 + 2R_1 (l - n)$, откуда $R_1 = \frac{r^2 - 2nl + n^2}{2(l - n)}$; но $n = \frac{r}{t}$; а $l = \mathrm{Sin}\left(\frac{90^0}{t}\right) r$; то предположимъ что $n = \frac{5}{6} r$, тогда $l = \mathrm{Sin}\ 75^0 r$ и тогда $R_1 = \frac{1 + \left(\frac{5}{6}\right)^2 - 2.\frac{5}{6}.\ \mathrm{Sin}\ 75^0}{2\ (\mathrm{Sin}\ 75^0 - {}^5/_6)}$.

Вычисленіе.

$$\lg \mathrm{Sin}\ 75^0 = 9{,}9849488;\ \mathrm{Sin}\ 75^0 = 0,\ 9659$$

$$R = \frac{1 + \frac{25}{36} - 2.\ 0{,}8333.\ 0{,}9659}{2\ (0,\ 9659 - 0{,}8333)}$$

$$R = \frac{1{,}6944 - 1{,}6098}{0{,}2652} = \frac{0{,}0846}{0{,}2652} = 0{,}319 \text{ г.}$$

§ 141. Проэкція Ламберта.

Главною задачею Ламберта было построить проэкцію полусферы съ сохраненіемъ на ней поверхностнаго содержанія земель, безъ сохраненія очертаній; но чтобы можно было достигнуть этого, то необходимо опредѣлить радіусъ каждаго круга параллели, ибо на этой проэкціи параллельные круги будутъ концентрическими кругами, а меридіаны изобразятся діаметрами.

Вообразимъ, что нужно опредѣлить радіусъ самаго большаго круга проэкціи, т. е. проэкціи большаго круга сферы. По условію площадь круга проэкціи должна быть равна поверхности полусферы, слѣдовательно $\Pi S^2 = 2\Pi R^2$, гдѣ S есть радіусъ про-

экціи, а R радіусъ сферы. Изъ этого уравненія $S^2=2R^2$ или $S=\sqrt{2R^2}$ или $S=R.\sqrt{2}$.

Предположимъ, что AB=R (чер. 337), точка A полюсъ, DE есть параллель, имѣющая извѣстную широту, очевидно, что дуги AD и AE есть дополненіе данной широты до 90°, требуется начертить проэкцію такъ, чтобы площадь круга равнялась поверхности сегмента DAE; высота сегмента есть $Af=m$, радіусъ сферы R, тогда поверхность сегмента DAE = $2\Pi Rm$, а площадь равная ей ΠS^2, и такъ $S^2=2Rm$, т. е. 2R: S=S: m, или радіусъ такой проэкціи есть средняя пропорціональная величина между діаметромъ и высотою сегмента; слѣдовательно это есть хорда, соотвѣтствующая дугѣ дополненія широты до 90°. И такъ радіусъ круга проэкціи есть хорда, соотвѣтственная дугѣ, служащей дополненіемъ данной широты до 90°. Очевидно, что если построена такъ проэкція, то площади круговъ будутъ равны поверхностямъ соотвѣтственныхъ сферическихъ поясовъ.

Примѣчаніе. Радіусы круговъ проэкціи Ламберта можно опредѣлить и черезъ вычисленіе такъ: пусть широта 75°, то радіусъ будетъ равенъ $2R\ \mathrm{Sin}\left(\frac{15^0}{2}\right)$, но чтобы исключить R, то мы вывели, что $S^2=2R^2$; $R=\frac{1}{2}S.\sqrt{2}$, вставя получимъ $S'=S.\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}\left(\frac{15^0}{2}\right)$.

Для всякой параллели, имѣющей напримѣръ широту φ, получимъ $S'=S.\sqrt{2}\ \mathrm{Sin}\left(\frac{90-\varphi}{2}\right)$ или $S'=S.\sqrt{2}.\ \mathrm{Sin}\left(45-\frac{\varphi}{2}\right)$ т. е. радіусъ параллели будетъ выраженъ здѣсь въ частяхъ радіуса проэкціи полусферы.

§ 142. Понятія о проэкціяхъ коническаго развертыванія.

Простѣйшая изъ произвольныхъ проэкцій для построенія частей земной поверхности есть проэкція коническаго развертыванія.

нія. Она названа такъ потому, что основана на развертываніи конуса. Дѣйствительно, разсматривая сферическій поясъ, заключенный между двумя данными параллелями, замѣчаемъ, что поверхность по своему виду весьма подходитъ къ поверхности усѣченнаго конуса, стало быть, если принять этотъ поясъ за усѣченный конусъ, то легко будетъ его развернуть на плоскость бумаги, при этомъ всѣ круги параллелей изобразятся концентрическими дугами, имѣющими центръ въ вершинѣ конуса, называемаго полюсомъ карты, а круги меридіановъ представятся въ видѣ прямыхъ линій, исходящихъ изъ полюса карты.

Такъ какъ разсматриваемый сферическій поясъ можетъ заключаться: между параллельными кругами, не слишкомъ разнящимися по широтѣ и можетъ быть что параллельные круги крайнихъ широтъ лежатъ далеко другъ отъ друга, т. е. когда мѣстность имѣетъ значительное протяженіе по широтѣ, то по этому и существуютъ два способа развертыванія: въ одномъ воображаютъ, что конусъ касается къ шару и къ кругу параллели, проведенному черезъ средину данной мѣстности, въ другомъ воображаютъ конусъ пересѣкающимъ шаръ въ двухъ какихъ нибудь параллеляхъ, принадлежащихъ къ развертываемой части сферы. И такъ прежде всего разберемъ тотъ случай, въ которомъ предполагаютъ конусъ касательнымъ.

§ 143. Проэкція коническаго развертыванія (конусъ касательный).

Предположимъ, что требуется построить сѣтку меридіановъ и параллелей на часть сферы, заключенной между параллельными кругами ab и fh (чер. 338). Вобразимъ, что черезъ средину дуги af проведенъ параллельный кругъ mm' (т. е. средняя параллель), и что конусъ mDm' касается шара и параллели mm', очевидно, что плоскости круговъ ab, mm' и fh пересѣкая поверхность конуса перпендикулярно къ его оси составятъ на поверхности конуса окружности и потому если поверхность конуса развернуть на плоскость, то эти круги представятся кон-

центрическими дугами, имѣющими центръ въ вершинѣ конуса. Потомъ если представить себѣ, что плоскости меридіановъ PEP′, PFP′ и другія будутъ продолжены до встрѣчи съ поверхностію конуса, то онѣ, пересѣкая ее, въ сѣченіи дадутъ прямыя линіи; изъ этого видно, что на проэкціи коническаго развертыванія круги параллелей должны быть одноцентренными дугами, а меридіаны прямыми линіями, и такъ, чтобы построить такую проэкцію, проводятъ прямую A′D′ (чер. 339) и принимаютъ ее за средній меридіанъ, точку A′ за вершину конуса; (точка эта называется полюсомъ карты), на линіи A′D′ отъ точки A′ откладываютъ линію A′A равную боку конуса D*m*, потомъ отъ точки A по линіи AA′ откладываютъ линію AB, равную распрямленной дугѣ *ma* и по линіи AD′ откладываютъ линію AB′, равную распрямленной дугѣ *mf*. Дуги, описанныя изъ точки A′ радіусами A′A, A′B и A′B′ выразятъ проэкціи земныхъ параллельныхъ круговъ *ab*, *mm′* и *fh*. Послѣ этого отъ точки A по дугамъ AE и AF откладываютъ дугу A*m*, потомъ отъ *m* откладываютъ *mm′* и т. д. соотвѣтственно равныя дугамъ *m*E, EF и т. д. Линіи, соединяющія точки *m*, *m′* и т. д. съ полюсомъ карты, изобразятъ проэкціи меридіановъ.

Построенная такимъ образомъ сѣтка меридіановъ и параллелей будетъ вѣрна только для средней параллели *mm′*, прочія же параллели на проэкціи будутъ длиннѣе соотвѣтственныхъ дугъ на сферѣ.

Примѣчаніе. При построеніи этой проэкціи земля принимается за шаръ.

Описанное построеніе конической проэкціи очень затруднительно по значительной длинѣ бока конуса, а потому сѣтку такого рода строятъ по координатамъ, принимая средній меридіанъ за ось абсциссъ, а взятую на немъ точку A за начало координатъ. Длина бока конуса найдется изъ прямоугольнаго тріугольника D*m*M (чер. 338), въ которомъ катетъ *m*M есть радіусъ земли, а уголъ *m*MD есть дополненіе до 90° данной широты точки *m*, т. е. уголъ *m*MD=90° — φ. Тогда D*m* = *m*M Colg φ. При опредѣленіи координатъ необходимо знать

уголъ $mA'A$ или ϑ, который опредѣлится изъ формулы $\vartheta = \alpha^0 \times \text{Sin } \varphi$, гдѣ α выражаетъ величину дуги средней параллели между двумя послѣдовательными меридіанами*). Зная величину этого угла, координаты найдутся такъ: для средней параллели

абсциса $x = Dm$. Cos ϑ. ордината $y = Dm$ Sin ϑ

для верхней $x = Dn'$ Cos ϑ — $y = Dn'$ Sin ϑ

для нижней $x = Dn$ Cos ϑ — $y = Dn$ Sin ϑ

Найденныя координаты (для средней параллели) будутъ принадлежать точкамъ m, m (чер. 339) для координатъ точекъ m', m' должно вмѣсто ϑ взять 2ϑ, для точекъ E и F должно вмѣсто ϑ взять 3ϑ и т. д.

§ 144. Проэкція коническаго развертыванія (конусъ пересѣкаетъ сферу).

Разсмотримъ теперь какъ построится сѣтка меридіановъ и параллелей, если конусъ будетъ пересѣкать сферу. Предположимъ, что требуется построить сѣтку на часть сферы (чер. 340), ограниченной параллельными кругами ab, hf, тогда воображаютъ, что конусъ пересѣкаетъ сферу въ крайнихъ параллеляхъ, т. е. въ точкахъ a и f. При построеніи этой проэкціи намъ нужно знать длины fD и Da, которыя опредѣлятся изъ подобныхъ тріугольниковъ fDn и aDm такъ: $fn : am = fD : aD$, откуда $\frac{fn - am}{nf} = \frac{fD - aD}{fD}$ или $\frac{fn - am}{fn} = \frac{af}{fD}$; $Df = \frac{fn \,.\, af}{fn - am}$ —(1).

Въ этомъ уравненіи неизвѣстны fn, af и am, опредѣлимъ сначала am. Изъ тріугольника aMm; $am = R$ Cos φ; теперь опредѣлимъ fn; изъ тріугольника fnM; $fn = R$. Cos φ'; слѣдователь-

---

*) Разсматривая секторъ $AA'm$ имѣемъ, что $\vartheta^0 : Am = 180^0 : \pi AA'$ откуда $Am = \frac{\vartheta . \pi . AA'}{180}$; изъ черт. 338 $\alpha^0 : mE = 180^0 : \pi . mH$; $mE = \frac{\alpha\pi . mH}{180}$ По условію; Am равна mE, и $AA' = mD$, подставя получимъ, что· $\vartheta\pi mD = \alpha\pi mH$ или замѣнивъ $mD = R\text{Cotg } \varphi$; а $mH = R$ Cos φ, получимъ $\vartheta\pi R$. Cotg $\varphi = \alpha\pi R$. Cos φ или ϑ Cotg $\varphi = \alpha$. Cos φ; $\vartheta = \alpha . \frac{\text{Cos } \varphi}{\text{Cotg } \varphi} = \alpha$. Sin φ.

но $fn-am$=R. Cos φ'—R. Cos φ=R. (Cos φ'—Cos φ) = —R 2 Sin $\frac{1}{2}$ ($\varphi'-\varphi$). Sin $\frac{1}{2}$ ($\varphi'+\varphi$)=2R Sin $\frac{1}{2}$ ($\varphi-\varphi'$). Sin $\frac{1}{2}$ ($\varphi'+\varphi$) и такъ $Df = \frac{af.\ \text{R. Cos}\ \varphi'}{2\ \text{R. Sin}\ \frac{1}{2}(\varphi-\varphi')\ \text{Sin}\ \frac{1}{2}(\varphi+\varphi')}$; но хорда af = 2 Sin $\frac{1}{2}$ ($\varphi-\varphi'$) R, слѣдовательно $Df = \frac{2R^2.\ \text{Cos}\ \varphi'.\ \text{Sin}\ \frac{1}{2}(\varphi-\varphi')}{2R.\text{Sin}\frac{1}{2}(\varphi-\varphi')\text{Sin}\frac{1}{2}(\varphi+\varphi)} = \frac{R.\ \text{Cos}\ \varphi'}{\text{Sin}\ \frac{1}{2}(\varphi+\varphi')} = Df$.... (2),

$aD=fD-af$..... (3).

Самое построеніе будетъ одинаково какъ и въ предыдущемъ случаѣ, только тѣ части, которыя мы откладывали въ той проэкціи на средней параллели въ этой проэкціи будутъ наноситься на верхней. При этихъ предположеніяхъ построенная сѣтка будетъ вѣрна только для тѣхъ параллелей, въ которыхъ конусъ пересѣкаетъ сферу; дуги же, лежащія внѣ пояса будутъ на проэкціи длиннѣе; а дуги, лежащія внутри пояса, будутъ короче.

Делиль, чтобы устранить по возможности неточность таковой сѣтки, предлагаетъ брать не хорду af (чер. 340), но распрямленную дугу af, и чтобы еще болѣе доставить точности, то онъ предлагаетъ брать конусъ пересѣкающимъ сферу не въ крайнихъ параллеляхъ, но взять среднюю параллель и потомъ черезъ середины разстояній между средней и крайними параллелями представить конусъ, такъ напримѣръ: если требуется составить карту на часть сферы между широтами отъ 20° до 65°, то средняя параллель будетъ имѣть широту $\frac{20+65}{2}$=42°-30′, и тогда та верхняя точка, черезъ которую должно провести конусъ будетъ имѣть широту $\frac{42°\ 30'+65°}{2}$ =53° 45′; а нижняя точка будетъ имѣть широту $\frac{42°\ 30'+20°}{2}$ = 31° 15′. При такихъ предположеніяхъ очевидно получается большая точность въ построеніи, нежели въ двухъ предшествующихъ проэкціяхъ.

Чтобы начертить такую проэкцію приближенно, именно: въ такомъ случаѣ, когда она можетъ помѣститься на одномъ листѣ и безъ вычисленій, то поступаютъ такъ: проводятъ черезъ

средину бумаги линію AB (чер. 341), которую и принимаютъ за средній меридіанъ, на ней откладываютъ распрямленныя дуги широтъ, наприм. ab, ab', bf, $b'f'$ и т. д., потомъ изъ точекъ b и b' радіусомъ bb' описываютъ дуги mm' и hh', а радіусами равными распрямленной дугѣ, соотвѣтственной параллели, между двумя послѣдовательными меридіанами описываютъ дуги pn, pn, tn' и tn'. Пересѣченіе этихъ послѣднихъ дугъ съ дугами mm' и hh' опредѣляетъ точки n, n, t и t, изъ которыхъ снова описываютъ дуги радіусомъ равнымъ bb', отъ чего получаются точки $n'n'$ и pp; раздѣливъ дуги pn, pn и tn', tn' пополамъ, средины ихъ соединяютъ съ b и съ b', отъ чего и получится проэкція параллелей; послѣ того, изъ a, f и f' проводятъ параллельныя линіи къ $b'n'''$ и къ bn'^{IV}; соединивъ n'' съ n''' получается меридіанъ; точно такимъ образомъ чертятъ и другія параллели.

§ 145. Проэкція Флемстида.

Флемстидъ предполагаетъ брать вмѣсто касательнаго конуса цилиндръ касательный къ экватору; вслѣдствіе чего проэкціи параллельныхъ круговъ представятся прямыми параллельными линіями, а проэкціи меридіановъ будутъ таковы: средній меридіанъ изобразится прямою линіею, а прочіе — въ видѣ особыхъ кривыхъ.

Въ проэкціи Флемстида точность соблюдается только по направленію меридіановъ; впрочемъ такая проэкція очень удобна для странъ экваторіальныхъ.

§ 146. Проэкція Бонна.

На проэкціи Бонна параллельные круги представляются въ видѣ концентрическихъ дугъ, а меридіаны въ такомъ порядкѣ: средній меридіанъ—прямою линіею, а прочіе—въ видѣ особыхъ кривыхъ.

Проэкція Бонна есть усовершенствованная коническая и именно та, въ которой конусъ касается къ шару.

Отличіе этой проэкціи отъ конической состоитъ въ томъ, что Боннъ для полученія проэкціи меридіановъ не соединяетъ концы дугъ, отложенныхъ на средней параллели съ полюсомъ карты, а на каждой параллели, начиная отъ средняго меридіана, откладываетъ части равныя дугамъ соотвѣтственной параллели.

Предположимъ, что требуется построить проэкцію Бонна, напримѣръ отъ градуса до градуса: проведя прямую FH′ (чер. 342), принимаютъ ее за средній меридіанъ, и пусть точка A будетъ средина карты, отъ этой точки откладываютъ части AB, AB′, BD, B′D′ и т. д. соотвѣтственно равныя дугамъ меридіана въ 1^0, или равныя 1^0 широты; принявъ длину FA за длину бока касательнаго конуса и точку F за центръ, описываютъ дуги: aa', радіусомъ FB, bb', радіусомъ FA; $//''$, радіусомъ FB′ и т. д. и дуги эти будутъ выражать проэкціи круговъ параллельныхъ, потомъ на каждой изъ этихъ дугъ, начиная отъ средняго меридіана FH′ откладываютъ части равныя одному градусу соотвѣтственной имъ параллели на шарѣ, соединивъ точки, соотвѣтствующія одному меридіану, получаютъ ломанныя линіи, которыя и будутъ проэкціями меридіановъ.

Построеніе проэкціи Бонна обыкновенно дѣлается помощію координатъ, при чемъ средній меридіанъ принимается за ось абсцисъ, а перпендикуляръ, проведенный къ среднему меридіану въ точку пересѣченія его съ среднею параллелью, за ось ординатъ.

При построеніи проэкціи Бонна дѣлаются два предположенія: 1) если масштабъ для построенія очень малъ, то землю принимаютъ за шаръ и 2) если масштабъ великъ, то землю разсматриваютъ какъ эллипсоидъ вращенія. Мы будемъ разсматривать построеніе проэкціи принимая землю за шаръ.

Сначала (чер. 343), опредѣляемъ бокъ касательнаго конуса AB такъ: изъ тріугольника ABD, $AB = R \cdot \operatorname{Colg} \varphi \ldots (1)$, гдѣ R есть радіусъ земли.

Предположимъ, что длины дугъ aB и bB отложены на AB отъ B, т. е. $Bm = Bb$ и $Bm' = Ba$, тогда $Am = AB - Bm$; и $Am' = AB + Bm'$; длины же дугъ Bb и Ba найдутся такъ: $Ba : \pi R = \alpha^0 : 180$; $Ba = Bm' = \frac{\alpha^0 . \pi R}{180}$ и также найдемъ, что $Bb = Bm = \frac{\alpha^0 . \pi R}{180}$; и такъ

$$Am = R . \operatorname{Cotg} \varphi - \frac{\alpha^0 \pi R}{180} \ldots (2);$$

$$Am' = R . \operatorname{Cotg} \varphi + \frac{\pi R \alpha^0}{180} \ldots (2).$$

Для опредѣленія длины дуги параллели, напримѣръ Bn, найдемъ $Bn : \beta^0 = \pi R' : 180$; $Bn = \frac{\beta^0 \pi . R'}{180}$, но R' изъ тріугольника hBD найдется такъ: $R' = R . \operatorname{Cos} \varphi$ и такъ $Bn = \frac{\beta^0 \pi R \operatorname{Cos} \varphi}{180} (4)$.

Теперь чтобы найдти координаты, напримѣръ для точки t (чер. 343), то должно знать величину угла ϑ, которая найдется такъ: $Bn : \vartheta = \pi AB : 180$; $Bn = \frac{\vartheta . \pi AB}{180}$, но изъ уравненія (4) $Bn = \frac{\beta^0 . \pi R . \operatorname{Cos} \varphi}{180}$, слѣдовательно $\vartheta . \pi AB = \beta^0 . \pi R \operatorname{Cos} \varphi$, откуда $\vartheta = \frac{\beta^0 \pi R \operatorname{Cos} \varphi}{\pi AB}$ или $\vartheta = \frac{\beta^0 R \operatorname{Cos} \varphi}{AB}$ — (5).

Зная ϑ легко найдти и координаты, именно: (чер. 344) $at = y = At . \operatorname{Sin} \vartheta \ldots (6)$. $x = Ba = BF + Fa$; $Fa = At - Aa$; слѣдовательно $x = (FB + At - Aa)$, но $Aa = At . \operatorname{Cos} \vartheta$; слѣдовательно $x = FB + At (1 - \operatorname{Cos} \vartheta)$, но изъ уравненія (6) $At = \frac{y}{\operatorname{Sin} \vartheta}$; слѣдовательно $x = FB + \frac{y}{\operatorname{Sin} \vartheta} (1 - \operatorname{Cos} \vartheta)$; но $\frac{1 - \operatorname{Cos} \vartheta}{\operatorname{Sin} \vartheta} = \operatorname{tg} \frac{1}{2} \vartheta$; стало быть $x = FB + y \operatorname{tang} \frac{1}{2} \vartheta \ldots (7)$.

Примѣчаніе 1. Проэкція Бонна устраняетъ недостатки проэкцій конической и Флемстида.

Примѣчаніе 2. Построеніе проэкціи Бонна, принимая землю за эллипсоидъ вращенія, я не описываю здѣсь потому, что это не входитъ въ предположенную программу.

§ 147 Краткое понятіе о проэкціяхъ Меркатора и Гаусса.

При составленіи морскихъ картъ употребляютъ такія проэкціи, на которыхъ бы параллели и меридіаны изображались прямыми линіями.

Причина построенія такихъ проэкцій состоитъ въ томъ, что мореходцы употребляя компасъ, держатъ путь такъ, чтобы линія, выражающая этотъ путь, составляла съ меридіанами равные углы; по этому линія пути, называемая Локсодромическою, на всѣхъ прежде описанныхъ проэкціяхъ изобразится въ видѣ особой кривой.

Трудность нанесенія Локсодромической линіи заставила избрать такую проэкцію, на которой бы она изобразилась прямою линіею, а этого можно достигнуть, принявъ проэкцію меридіановъ за прямыя линіи, параллельныя между собою.

Употребительнѣйшая изъ этихъ проэкцій есть проэкція Меркатора, она состоитъ въ слѣдующемъ: меридіаны изображаются на ней въ видѣ прямыхъ параллельныхъ и равно отстоящихъ линій, а круги земныхъ параллелей въ видѣ прямыхъ линій, между собою параллельныхъ и перпендикулярныхъ меридіанамъ, при чемъ разстояніе между ними на картѣ должно быть равно соотвѣтственному разстоянію на экваторѣ шара.

Проэкція Гаусса, видимо сходная съ коническимъ развертываніемъ, какъ основанная на высшихъ вычисленіяхъ въ курсъ этотъ войдти не можетъ.

ГЛАВА XXXVII.

§ 148. Понятіе о нанесеніи точекъ тригонометрической сѣти по ихъ широтамъ и долготамъ на сѣтку меридіановъ и параллелей.

Когда сѣтка составлена, широты и долготы точекъ тригонометрической сѣти вычислены, тогда прокладка этихъ точекъ дѣ-

лается такъ: пусть (чер. 345) представляетъ ту часть сѣтки, на которую нужно нанести точку M тригонометрической сѣти по слѣдующимъ даннымъ:

Широта точки M=35° 21′ 6″
Долгота точки M=11° 36′12″.

Предположимъ, что меридіаны и параллели проведены отъ 5 до 5 минутъ и что широта параллели AB=35° 25′
— — HD=35° 20′
долгота меридіана AH=11° 35′
— — BD=11° 40′,

слѣдовательно параллель для точки M будетъ отстоять отъ параллели AB на 35° 25′—35°22′6″, т. е. на 2′54″, или на 174″. Чтобы найдти на BD такую точку, которая отстояла бы отъ точки B на 2′ 54″, то поступаютъ такъ: опредѣляютъ въ линейной мѣрѣ длину BD, пусть она равна N частямъ, тогда длина BF найдется такъ: 300″: 174″=N: BF, откуда $BF=\frac{N.174}{300}$ отложивъ по масштабу найденную величину отъ точки B, найдемъ точку F, а отложивъ ту же величину отъ A найдемъ точку E; потомъ E соединяютъ съ F.

Остается теперь опредѣлить величину EM. Долгота точки M=11° 36′ 12″; долгота меридіана AH=11° 35′; слѣдовательно точка M отстоитъ отъ AH по долготѣ на 1′ 12″, или на 72″; тогда опять опредѣляютъ линейную длину EF, которая пусть будетъ равна P частямъ, и величину EM находятъ такъ: 300″: 72″=P: EM, откуда $EM=P.\frac{72}{300}$. Отложивъ найденную длину отъ точки E по линіи EF, получимъ искомую точку M.

Широты и долготы всѣхъ точекъ сѣти могутъ быть найдены черезъ вычисленіе, если хотя одна изъ точекъ сѣти будетъ опредѣлена астрономически, т. е. будетъ опредѣлена широта и долгота этой точки, а также и азимутъ одного бока тріугольника. Хотя для опредѣленія широтъ и долготъ есть формулы, гдѣ по азимуту и длинѣ боковъ тріугольника можно найдти широты и долготы остальныхъ точекъ сѣти; но вычисленіе ши-

ротъ и долготъ дѣлается гораздо легче тогда, когда предварительно будутъ извѣстны координаты всѣхъ точекъ сѣти.

Для вычисленія координатъ приняты три способа:

1) Способъ Кассини, 2) способъ генерала Шуберта и 3) способъ Бесселя.

Способъ Кассини состоитъ въ томъ, что онъ принимаетъ координаты прямолинейными; система координатъ Шуберта есть система координатъ сферическихъ, а Бесселя—система координатъ полярныхъ.

ГЛАВА XXXVIII.

§ 149. Раздѣленіе сѣти и прокладка точекъ сѣти по ихъ координатамъ.

Когда сѣть составлена, то для пополненія карты съемками раздѣляютъ сѣть на квадраты такой величины, чтобы каждый изъ нихъ представлялъ собою рамку той мензулы, которою будетъ производиться съемка. Квадраты эти обозначаются буквами и цифрами такъ, какъ показано на чертежѣ 346-мъ, а для опредѣленія положенія точекъ вводятся слѣдующія знаконоложенія: въ углѣ NAO абсциссы и ординаты означаютъ знакомъ +; въ углѣ OAS абсциссы означаютъ знакомъ +, а ординаты знакомъ —; въ углѣ SAW абсциссы и ординаты обозначаютъ знакомъ —; а въ углѣ WAN абсциссы означаютъ знакомъ —, а ординаты знакомъ +.

Самое же проложеніе дѣлается такъ: предположимъ, что нужно перенести точки квадрата a, b, f, h на мензулу, которой рамка $a'b'f'h'$ (чер. 347) совершенно равная данному квадрату; длина бока рамки равна (по принятому масштабу) 4000 саженямъ; для перенесенія точки M, имѣющей ординату $Mp=5793$ саж. и абсциссу $Ap=10135$ саженямъ. Очевидно, что $hm=Ap-An=10135-8000$, и такъ $hm=2135$ саженямъ; отложивъ

отъ a' по линіи $a'h'$ величину 2135 саж.; изъ полученной точки f'' возставляютъ перпендикуляръ $f''f'''$ къ линіи $a'h'$. Величина линіи $Mm = Mp - pm$, или $Mm = 5793 - 4000 = 1793$, отложивъ эту величину отъ a' по линіи $a'b'$, изъ полученной точки m' возставляютъ перпендикуляръ $m'm'' = 1793$ саженямъ; точка H пересѣченія перпендикуляровъ $f''f'''$ и $m'm''$ представитъ точку M сѣти. Точно такъ же наносятся и всѣ другія точки лежащія внутри квадрата. Для того, чтобы знать мѣсто этой мензулы на сѣти, то обозначаютъ ее буквами и цифрами ея ряда, такъ какъ это показано на чертежѣ 347.

Описанная прокладка точекъ сѣти не совсѣмъ точна, по этому Баронъ Мюнфлигъ предлагаетъ прокладку сѣти такимъ образомъ: онъ опредѣляетъ широты и долготы точекъ, не вводя никакой системы координатъ, потомъ строитъ сѣтку, проводя проэкціи меридіановъ отъ 10-ти до 10-ти минутъ, а проэкціи параллельныхъ круговъ отъ 6-ти до 6-ти минутъ и полученныя трапеціи наноситъ на отдѣльные листы, съ которыхъ точки сѣти переноситъ по широтамъ и долготамъ.

Этотъ способъ имѣетъ то преимущество, что какое бы пространство не занимала сѣть, взаимное положеніе точекъ сѣти и поверхностное содержаніе земель будетъ на бумагѣ соблюдено съ возможною точностію.

ГЛАВА XXXIX.

§ 150 Составленіе картъ изъ межевыхъ плановъ.

На основаніи Свода Межевыхъ законовъ, Межевое вѣдомство обязано составлять уѣздные планы, въ масштабѣ одна верста въ дюймѣ и губернскіе атласы въ масштабѣ двѣ версты въ дюймѣ.

Уѣздный планъ, представляя собою только сборный листъ обмежеванныхъ дачъ, имѣлъ цѣлію вспомоществовать Межевому

вѣдомству при генеральномъ межеваніи, и именно въ тѣхъ видахъ, что при составленіи такого сборнаго листа тотъ часъ обнаружится, если будетъ пропускъ цѣлыхъ дачъ.

Составленіе уѣздныхъ плановъ дѣлалось весьма просто, а именно: Землемѣръ, командированный въ уѣздъ для генеральнаго межеванія на основаніи Свода Закона, начиналъ свои межевыя дѣйствія съемкою города съ его выгонною землею, по снятіи котораго онъ наносилъ это на бумагу, способомъ обыкновенной накладки транспортиромъ, принимая дюймъ за 500 сажень; потомъ приступалъ къ снятію дачъ перваго циркуля, т. е. тѣхъ, которыя были смежны съ городскими землями и по снятіи каждой изъ нихъ наносилъ ихъ сначала на уѣздный планъ, а потомъ на отдѣльный. Послѣ перваго циркуля снималъ границы дачъ втораго циркуля и т. д. и такимъ образомъ получался уѣздный планъ. Дачи на этомъ планѣ обозначались №№ по порядку и къ нему составлялся каталогъ.

Губернскіе атласы составлялись изъ имѣющихся уѣздныхъ плановъ, при чемъ Законъ не указывалъ на способъ составленія ихъ, а только въ особомъ указѣ отъ 31 Января 1791 года сказано: «губернскіе атласы составлять подобно начертанію (на Калужскую губернію), приложенному при семъ указѣ», а также сказано и о томъ, чтобы составлять экономическія и камеральныя примѣчанія.

На всѣхъ картахъ, составляемыхъ Генеральнымъ Штабомъ, при всей ихъ отчетливости въ работахъ, не наносились границы дачъ, находящихся на снятомъ пространствѣ и это обстоятельство было поводомъ обратить вниманіе на матеріалы Межеваго Корпуса.

Вслѣдствіе чего, на основаніи Высочайше утвержденнаго проэкта въ 12-й день Августа 1847 года, приступлено было къ составленію картъ соединенными средствами Генеральнаго штаба и Межеваго вѣдомства.

Этими вѣдомствами съемка производилась по примѣру военныхъ съемокъ въ масштабѣ одна верста въ дюймѣ, имѣя своимъ основаніемъ астрономически-опредѣленные пункты и планы генеральнаго межеванія, (исключая Тверской губерніи, основан-

ной на тригонометрическихъ пунктахъ). При этихъ дѣйствіяхъ полевыя работы располагались такимъ образомъ: сначала избирались два астрономически-опредѣленные пункта, служащіе вершинами одного и того же тріугольника и между ними производили промѣры по дорогамъ, близъ лежащимъ къ главной промѣрной линіи, (т. е. измѣряли линіи и углы); причемъ съемщику вмѣнялось въ обязанность: 1) на каждомъ пунктѣ дѣлать визированія на всѣ видимыя замѣчательныя точки и если возможно, то съ другихъ пунктовъ засѣкать ихъ и 2) опредѣлять положеніе границъ тѣхъ дачъ генеральнаго межеванія, которыя будутъ пересѣкать проходимую имъ линію. Для вспомоществованія, при такихъ трудныхъ работахъ, начальника съемки снабжали сборнымъ листомъ, сдѣланнымъ въ масштабѣ двѣ, три и пять верстъ въ дюймѣ, на которомъ и обозначались всѣ границы генерально обмежеванныхъ дачъ. Съ этого сборнаго листа съемщикъ долженъ былъ скопировать для себя ту часть мѣстности, которая входила въ раіонъ его съемки и съ этимъ-то вспомогательнымъ чертежемъ легко ему было знать приблизительно тѣ мѣста, гдѣ должны встрѣчаться граничныя линіи дачъ. Кромѣ того съемщику давался проводникъ, (изъ жителей снимаемой мѣстности), который также показывалъ границы дачъ. Когда граница была уже отыскана, тогда съемщикъ долженъ былъ опредѣлить ея направленіе, и кромѣ того пройдти инструментально двѣ или три линіи найденной межи; а потомъ тѣмъ же порядкомъ съемщикъ продолжалъ свои дѣйствія далѣе до избраннаго пункта. Составленный такимъ образомъ маршрутъ содержалъ: направленія пройденныхъ дорогъ, направленіе и положеніе границъ дачъ генерально обмежеванныхъ, а также и направленія, сдѣланныя на разные пункты. Точно такимъ же образомъ дѣлались промѣры на другіе астрономически опредѣленные пункты; при чемъ соблюдались всѣ выше описанныя условія, и черезъ такое дѣйствіе получались промѣры по всѣмъ тремъ сторонамъ тріугольника.

Но такъ какъ бока тріугольника въ астрономической сѣти приблизительно длиною около 50 верстъ, то чтобы не оставить площадь тріугольника безъ пунктовъ, съемщикъ долженъ былъ,

начавъ приблизительно отъ средины пройденной линіи, инструментально пройдти до одного изъ двухъ боковъ тріугольника, опредѣляя при этомъ положеніе всѣхъ встрѣтившихся окружныхъ межъ дачъ генерально обмежеванныхъ; и такихъ линій промѣровъ избирали столько, сколько дозволяла мѣстность, при чемъ старались опредѣлять такое число пунктовъ и направленій границъ дачъ генерально обмежеванныхъ чтобы ихъ было достаточно какъ для очертанія подробностей при съемкѣ, такъ и для наложенія границъ дачъ съ плановъ генеральнаго межеванія.

При такихъ работахъ обыкновенно получается несмыкаемость между пройденными линіями и данными астрономическими пунктами, а также и во всѣхъ поперечныхъ линіяхъ между собою.

Сказанная несмыкаемость уничтожалась такъ: сначала опредѣляли на сколько прямая линія соединяющая оконечности ломанной линіи, пройденной инструментально, уклонилась отъ дѣйствительнаго направленія между данными астрономическими пунктами, (предполагая астрономическія точки вѣрными); найденный уголъ этой погрѣшности раздѣлялся на число измѣренныхъ угловъ, и полученная поправка вводилась въ исправленіе угловъ. Потомъ опредѣляли на сколько та же линія въ линейной мѣрѣ болѣе или менѣе дѣйствительнаго протяженія между избранными астрономическими пунктами и эту несмыкаемость уничтожали раздѣляя величину ея пропорціонально протяженіямъ измѣренныхъ линій и черезъ это пройденная ломанная линія укладывалась въ извѣстные предѣлы.

Увязавъ такимъ образомъ всѣ три пройденныя линіи между тремя астрономическими пунктами, составляющими тріугольникъ, приступали къ увязкѣ всѣхъ тѣхъ остальныхъ линій, которыя были пройдены внутри тріугольника, употребляя тѣ же пріемы; вслѣдствіе чего и получалась сѣть точекъ, размѣщенныхъ въ предѣлахъ между данными пунктами. На эту сѣть наносили границы всѣхъ тѣхъ дачъ генерально обмежеванныхъ, которыя покрывали поверхность взятаго астрономическаго тріугольника, руководствуясь направленіями тѣхъ межъ, которыя были опредѣлены во время промѣра и черезъ это нанесенныя

границы дачь генеральнаго межеванія при съемкѣ служили уже добавочною сѣтью. Все это переносили на мензульные листы, на которыхъ и принимали за вѣрное границы нанесенныхъ дачь; потомъ приступали къ снятію всѣхъ тѣхъ подробностей мѣстности, которыя по принятому масштабу могли быть помѣщены на съемочные листы. По окончаніи полевыхъ работъ брульены отдѣлывались согласно Высочайше утвержденныхъ условныхъ знаковъ для военныхъ съемокъ.

Такъ какъ астрономическія точки, на основаніи военныхъ съемокъ, наносятся на брульены по широтамъ и долготамъ, то на этотъ предметъ В. Т. Депо снабжало начальника съемки: 1) каталогомъ географическаго положенія мѣстъ, и 2) координатами сѣти, вычисленными отдѣльно для каждой губерніи.

На основаніи изложенной выше системы, соединенными средствами Генеральнаго Штаба и Межеваго вѣдомства, подъ руководствомъ Генералъ Лейтенанта Менде произведены съемки въ слѣдующихъ губерніяхъ:

1) Въ Тверской; 2) въ Рязанской; 3) въ Тамбовской; 4) въ Владимірской; 5) въ Ярославской; 6) въ Симбирской; 7) въ Нижегородской, и 8) въ Пензенской.

При составленіи картъ изъ имѣющихся межевыхъ плановъ можно весьма удобно пользоваться каталогомъ Генерала Шуберта «Exposé des travaux astronomiques et géodésiques Exécutes en Russie dans un but geographique jusqu'á l'anne 1855» такимъ образомъ: по уѣздному плану избираютъ села: самое сѣверное, южное, западное и восточное, и по названіямъ ихъ, въ каталогѣ должно подыскать широты и долготы церквей этихъ селъ, по этимъ даннымъ составить географическую сѣтку меридіановъ и параллелей, на которой и помѣстится вся мѣстность, занятая цѣлымъ уѣздомъ. Потомъ составить каталогъ всѣхъ селъ уѣзда и если найдутся ихъ широты и долготы, то нанести ихъ по этимъ даннымъ на сѣтку. Послѣ этого опредѣливъ (по генеральному плану) графически азимутъ и разстояніе отъ опредѣленнаго пункта *) до какой либо точки ок-

*) Примѣчаніе. Тригонометрическаго или астрономическаго.

ружной межи городской земли, по румбамъ и мѣрѣ линій вычислить координаты угловыхъ точекъ этой дачи, а по нимъ и нанести всю границу на планъ. Принявъ координаты отъ этой дачи для смежной, вычислить координаты угловыхъ точекъ дачь перваго циркуля; принявъ координаты отъ этой границы для дачь втораго циркуля вычислить координаты угловыхъ точекъ для дачь 2-го циркуля и ихъ нанесятъ на планъ и т. д. Если при этомъ встрѣтится дача, въ которой есть графически опредѣленный пунктъ, то должно по плану этой дачи опредѣлить азимутъ и разстояніе отъ этого пункта до одной изъ угловыхъ точекъ, смежной съ наложеннымъ циркулемъ и по координатамъ географически опредѣленнаго пункта вычислить координаты точки привязанной межи, которыя и сличить съ координатами опредѣленными изъ предшествующихъ вычисленій; незначительную разность (около 50 саж. что видно изъ проэктированной инструкціи) не принимать въ соображеніе, а должно взять новыя координаты и продолжать работу далѣе, (причемъ всякій разъ дѣлать сказанную повѣрку); въ случаѣ же если окажется разность, превышающая принятый предѣлъ, то это покажетъ, что координаты вычислены невѣрно.

Примѣчаніе. При таковой работѣ невязка фигуръ каждой дачи уничтожается (прежде наложенія) черезъ исправленіе координатъ угловыхъ точекъ.

Можно предложить еще весьма удобный способъ нанесить на карту планы обмежеванныхъ дачь, способъ этотъ состоитъ въ слѣдующемъ:

Пусть чертежъ 348 представляетъ соединеніе нѣсколькихъ плановъ, въ томъ порядкѣ въ какомъ дачи расположены въ натурѣ и которыя требуется нанести на межевую карту и предположимъ, что имѣется возможность привязать нѣсколько пунктовъ окружныхъ межъ къ пунктамъ тригонометрически или астрономически опредѣленнымъ, и такъ допустимъ, что пунктъ D дачи N 1 привязанъ къ тригонометрическимъ пунктамъ R и S; зная азимутъ DS, т. е. уголъ ADS и уголъ SDP легко найдти истинный азимутъ линіи DP при точкѣ D и черезъ это опредѣлить склоненіе стрѣлки, употребляемой при обмеже-

ваніи дачи № 1; зная это, можно опредѣлить истинные румбы всѣхъ граничныхъ линій; за тѣмъ найдя координаты точки D относительно координатъ точекъ S и R, вычислить координаты и всѣхъ угловыхъ точекъ дачи № 1 и по нимъ наложить межу на предварительно проэктированную сѣтку. При этомъ нужно принять къ руководству слѣдующее: если въ одной и той же дачѣ будутъ привязаны нѣсколько пунктовъ, то увязку по координатамъ должно дѣлать не для всей окружной границы вдругъ, но отдѣльно между привязанными пунктами, такъ напримѣръ: пусть въ дачѣ № 2 были привязаны пункты m, m' и F', то найдя координаты точки m' по румбамъ и мѣрѣ линій mH и Hm', должно сличить эти координаты съ координатами точки m', полученными изъ привязки къ пунктамъ сѣти и по оказавшейся разности сдѣлать увязку; потомъ увязать часть межи между m' и F', а послѣ сдѣлать увязку между точками F' и m. При этомъ способѣ должно стараться привязывать сколь возможно болѣе точекъ къ тригонометрическимъ пунктамъ, особенно хорошо привязать хотя по одному пункту каждой дачи, что дастъ возможность опредѣлить склоненіе стрѣлки, бывшее во время обмежеванія ея границы, а слѣдовательно и опредѣлить истинные румбы всѣхъ граничныхъ линій; въ противномъ случаѣ должно пользоваться тѣми смежными границами, въ которыхъ были сдѣланы привязки. Если дачи будутъ межеваться по вновь проэктированной инструкціи, требующей сочинять планы по координатамъ угловыхъ точекъ, то и окружныя межи этихъ дачъ могутъ быть нанесены на карту съ помощію уже найденныхъ координатъ, для чего должно только координаты всѣхъ точекъ отнести къ одному общему началу, что и дѣлаютъ такимъ образомъ: предположимъ (чер. 348), что требуется координаты дачи № 2, вычисленныя по осямъ, имѣющимъ начало координатъ въ точкѣ m, отнести къ общимъ осямъ, имѣющимъ начало координатъ въ точкѣ D; очевидно, что координаты точки m, то есть начала координатъ дачи № 2 будутъ nD и DD', которыя можно опредѣлить такъ: въ этихъ двухъ дачахъ № 1 и 2 есть общая точка t, которой координаты относительно осей AB и EF будутъ Dt''' и tD, а координ-

наты той же точки относительно осей ab и fh будутъ mD'', mt'', то есть $(-x)$ и $(-y)$; слѣдовательно координаты точки m относительно t будутъ $+y$ и $+x$; изъ чертежа видно, что координаты точки m относительно начала координатъ D найдутся, если къ координатамъ точки t придадимъ координаты точки m относительно t, то есть $DD' = Dt''' + t'''D'$, гдѣ $t'''D' = t''m$, $Dn = Dt' + t'n$, гдѣ $t'n = mD''$. Зная координаты для начала координатъ дачи № 2 должно для полученія координатъ всѣхъ остальныхъ точекъ этой дачи къ координатамъ начальной точки придавать координаты остальныхъ точекъ, вычисленныя по старымъ осямъ съ приличными знаками, и дѣйствительно, пусть напримѣръ требуется опредѣлить координаты точки H, которыя будутъ HH' и H'''D, изъ нихъ $DH''' = DD' + D'H'''$, гдѣ $D'H''' = mM$; $DH' = Dn + nH'$, гдѣ $nH' = mH''$; координаты точки H найдутся, если къ координатамъ начальной точки придадимъ координаты точки опредѣляемой, вычисленныя по старымъ осямъ, и если будемъ продолжать вычисленіе координатъ дачи № 2, то дойдемъ до точки F', которая служитъ началомъ координатъ для дачи № 3 и слѣдовательно принявъ эти координаты, можемъ найдти координаты точекъ дачи № 3; руководствуясь общимъ правиломъ: то есть придавать къ координатамъ стараго начала координаты точекъ вычисленныя по старымъ осямъ. Если въ обмежеванныхъ дачахъ какая нибудь окружная граница будетъ привязана къ пунктамъ тригонометрической сѣти, тогда построеніе карты дѣлается такъ: построи въ сѣтку изъ меридіановъ и параллелей и нанеся на нее пункты тригонометрической сѣти, опредѣляютъ координаты привязанной точки относительно начала координатъ, принятыхъ для тригонометрической сѣти, такъ напримѣръ (чер. 349): пусть A есть точка тригонометрической сѣти, M есть начало координатъ для точекъ сѣти и точка B, точка окружной границы, привязанная къ тригонометрическимъ пунктамъ, требуется опредѣлить координаты точки B, то есть MB' и M'M; зная длину AB можно опредѣлить Aa и aB, или Aa' которыя будутъ координатами для точки B относительно A (т. е. $-y$ и $+x$); если къ абсцисамъ точки A, т. е. къ MA' придадимъ $+x$, или $a'B$

или M′A′, то получимъ MM′, т. е. абсциссу точки B относительно начала M. Если къ bM, т. е. къ ординатѣ точки A придадимъ $y = -Aa'$. или $= -b$B, то получимъ MB′, т. е. ординату точки B относительно начала M; а зная координаты одной точки можно перечислить и координаты остальныхъ точекъ, такъ же какъ было это описано выше.

Примѣчаніе. На всѣ описанные способы будутъ даны числовые примѣры и чертежи въ имѣющейся быть напечатанной памятной книгѣ.

Конецъ II отдѣла.

ПРИБАВЛЕНІЕ.

ГЛАВА XI.

ЛѢСНАЯ СЪЕМКА.

§ 151. Понятіе о лѣсныхъ планахъ.

Съемка лѣсовъ производится съ двумя цѣлями: 1) опредѣлить площадь, занимаемую лѣсною дачею, и 2) дать понятіе: a) о породѣ лѣса, b) о степени возраста и c, о полнотѣ насажденія.

На лѣсныхъ планахъ должны быть нанесены: 1) окружныя границы лѣсной дачи; 2) границы всѣхъ контуръ, находящихся внутри лѣса, и 3) границы тѣхъ участковъ, на которые раздѣленъ лѣсъ: по породамъ, по возрасту, по полнотѣ насажденія и т. п.

Лѣсные планы бываютъ: 1) граничные; 2) спеціальные; 3) планы лѣсонасажденій; 4) хозяйственные или планы очередей рубокъ; 5) сборные листы и 6) лѣсные атласы.

1) Граничные планы.

На граничныхъ планахъ назначаются только общія границы лѣсной дачи.

2) Спеціальные планы.

На спеціальные планы кромѣ общихъ границъ, наносятся границы и всѣхъ лѣсныхъ участковъ.

Лѣсные участки назначаются таксаторомъ, т. е. онъ подраздѣляетъ лѣсъ по породамъ, такъ напримѣръ насажденія: сосновое, березовое, дубовое и другія; кромѣ того, одно и то же насажденіе иногда еще подраздѣляется или по возрастамъ, т. е. старое насажденіе отдѣляется отъ молодаго, или по почвѣ, т. е. участки мокрые отдѣляются отъ сухихъ и т. д.

На спеціальные планы должно наносить также: рѣки, ручьи, дороги, покосы, пашни и т. п.: однимъ словомъ все то, что встрѣчается внутри лѣса. Планы эти раскрашиваются такъ: всѣ предметы, исключая лѣса, покрываются красками по утвержденнымъ условнымъ знакамъ, лѣса же остаются не покрытыми, №№ кварталовъ подписываются киноварью, а граничные знаки означаютъ тушью.

Спеціальные планы дѣлаются въ масштабѣ принимая дюймъ за 100 сажень; самые же подробные дѣлаются въ масштабѣ 50 сажень въ дюймѣ. Въ губерніяхъ малокоптурныхъ дозволено дѣлать планы, принимая дюймъ за 200 сажень.

3) Планы лѣсонасажденій.

Планъ лѣсонасажденій есть ни что иное, какъ спеціальный планъ въ уменьшенномъ видѣ. Масштабъ для этихъ плановъ дозволено принимать такой, чтобы вся дача могла помѣститься на одномъ листѣ бумаги. Планы эти покрываются красками согласно утвержденнымъ знакамъ; при чемъ колеръ краски означаетъ породу лѣса, а густота краски обозначаетъ возрастъ, такъ напримѣръ: густою краскою покрывается лѣсъ старый, менѣе густою лѣсъ средняго возраста, и свѣтлою самый молодой.

4) Планы хозяйственные или очередей рубокъ.

Эти планы дѣлаются въ масштабѣ, принимая дюймъ за 200 или за 250 сажень.

Они покрываются вмѣсто красокъ тушью такъ: та часть лѣса, которая подлежитъ скорѣйшей вырубкѣ кроется черною

тушью, на этихъ планахъ степень густоты туши указываетъ порядокъ рубки участковъ.

5) Сборные листы.

Они дѣлаются въ такомъ масштабѣ, чтобы вся дача могла помѣститься на одномъ листѣ бумаги.

Сборный листъ есть ни что иное, какъ соединеніе тѣхъ уменьшенныхъ спеціальныхъ плановъ, на которые снята вся лѣсная дача.

На этихъ планахъ означаютъ только границы каждаго отдѣльнаго спеціальнаго плана, и на нихъ выставляются №№ соотвѣтственныхъ спеціальныхъ плановъ.

6) Лѣсные атласы.

Это есть ни что иное, какъ сборный листъ цѣлаго лѣсничества.

§ 152. Понятіе о дѣлянкахъ или кварталахъ.

Дѣлянкою или кварталомъ называютъ опредѣленную часть лѣса, ограниченную просѣками.

Кварталамъ даютъ формы: или прямоугольника, или параллелограма; но при этомъ принимается за правило не дѣлать острые углы параллелограма менѣе 60 градусовъ.

Величина нормальнаго квартала назначенная инструкціею есть слѣдующая: въ дачахъ 1-го разряда площадь квартала не должна превышать двухъ квадратныхъ верстъ, или $208^1/_3$ десятины; въ дачахъ 2-го разряда должно быть не болѣе четырехъ квадратныхъ верстъ, или $416^2/_3$ десятины.

Впрочемъ въ кварталахъ, лежащихъ при границахъ дачи дозволяется величину ихъ площади дѣлать болѣе или менѣе одною четвертью нормальной мѣры ихъ.

Кромѣ граничныхъ просѣкъ, кварталы еще обозначаются нумерованными столбами, поставленными на углахъ квартала

(величина столбовъ не должна быть менѣе двухъ аршинъ надъ землею).

§ 153. Назначеніе квартальныхъ просѣкъ на планѣ и въ натурѣ.

Если лѣсная дача, подлежащая къ раздѣленію на кварталы обмежевана, то имѣющійся на нее межевой планъ перекопировываютъ и на немъ уже дѣлается назначеніе квартальныхъ просѣкъ. Если же межеваго плана нѣтъ, то должно сдѣлать граничный обходъ дачи, принимая за правило: если подлежащая къ снятію дача велика, то обходъ дѣлать астролябіею согласно § 55, а если не велика, то мензулою, какъ это описано въ § 91 ст. 2 (отдѣлъ I).

На сочиненномъ планѣ проэктируются квартальные просѣки, на основаніи слѣдующихъ правилъ:

1) Просѣкамъ должно давать направленіе сообразуясь съ фигурою дачи, при чемъ также должно принять во вниманіе направленіе вѣтровъ и положеніе мѣстъ, удобныхъ для вывоза лѣсныхъ матеріаловъ.

2) Просѣки должны быть прямые.

3) Величина кварталовъ должна находиться въ пропорціи къ величинѣ площади годовой лѣсосѣки и къ числу годовыхъ лѣсосѣкъ, соединенныхъ въ одинъ кварталъ.

4) Всѣ кварталы, исключая прилегающихъ къ границамъ дачи должны имѣть одинаковую величину и форму.

Всѣ изложенныя правила проэктированія просѣкъ относятся къ мѣстности ровной; если же мѣстность будетъ гористая, тогда при назначеніи просѣкъ должно соображаться съ мѣстоположеніемъ, т. е. прежде отдѣлить всѣ скаты горъ и долины (если онѣ будутъ составлять собою по величинѣ особый кварталъ). При этомъ должно стараться, чтобы для каждаго ската одна просѣка шла по вершинѣ хребта, а другая по подошвѣ, и если эти полосы занимаютъ площадь въ нѣсколько кварталовъ, то

ихъ подраздѣляютъ просѣками поперечными такъ, чтобы образовались кварталы опредѣленной величины.

Приготовивъ планъ, приступаютъ къ продолженію просѣкъ въ натурѣ. Для этого нужно принять въ соображеніе, какимъ инструментомъ будетъ производиться работа: если астролябіею, то предварительно должно опредѣлить румбы и длину всѣхъ раздѣльныхъ линій, или углы составляемые какъ одними раздѣльными линіями, такъ и тѣми же линіями съ граничными и длину ихъ; если же работа будетъ производиться мензулою, то должно найдти только мѣру линій, какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ, для линій лежащихъ наклонно должно опредѣлить ихъ истинную длину по имѣющемуся на планѣ горизонтальному проложенію и по углу наклоненія.

Пусть (чер. 350) ABDEF представляетъ планъ лѣсной дачи; а линіи *ab*, *a'b'*, *xx'* *yy'* и проч. проэктированные квартальные просѣки. Для назначенія ихъ въ натурѣ, по приходѣ въ лѣсъ, отмѣриваютъ отъ A' (чер. 351) длину линіи A*a* и надъ найденною точкою M устанавливаютъ горизонтально астролябію, наведя неподвижные діоптры на точку A', подвижнымъ діоптрамъ даютъ такое положеніе, чтобы образовался уголъ A'MK, равный углу A*ab*, потомъ, по направленію ихъ прорубаютъ визирную линію, т. е. такой ширины, чтобы возможно было вѣшить линію; при вѣшеніи же должно на линіи ставить астролябію и повѣрять вѣшеніе; дойдя до точки K, сейчасъ промѣряютъ до ближайшаго угла окружной границы и сличаютъ съ планомъ; если эта длина будетъ равна длинѣ соотвѣтственной линіи по плану, то линія провѣшена вѣрно, въ противномъ случаѣ должно: сначала провѣрить уголъ D'KM (ставя астролябію въ точку K). Если этотъ уголъ равенъ углу D*ba*, то это будетъ значить, что линія A'M отмѣрена не вѣрно, и тогда снова нужно произвести описанное дѣйствіе, предварительно повѣривъ длину линіи A'M. Если же уголъ D'KM будетъ не вѣренъ, то должно отъ D' отмѣрить линію, равную D*b* и поставя въ полученную точку N горизонтально астролябію, направить неподвижные діоптры на точку D', а подвижные поставить такъ, чтобы уголъ D'NM былъ равенъ углу D*ba* и по направленію этихъ діопт-

ровъ провести визирную линію; а для повѣрки можно взять еще линіи nn' и mm' такъ: откладываютъ на планѣ длину линіи D′K отъ точки D и полученную точку f соединяютъ съ точкою a; измѣривъ потомъ линіи bf'', ff и $f''f$ должно на мѣстности отмѣрить по линіи KM отъ K величину ff, а по линіи MN отъ N величину bf' и сдѣлать промѣръ линіи nn', которая должна быть равна ff'', потомъ опредѣливъ по плану длину fh и bh' измѣряютъ линію hh'; идя по NM отмѣряютъ на ней $Nm' = bh'$, а на линіи KM отмѣряютъ Km равную fh', и если mm' будетъ равна hh', то просѣка вѣшится вѣрно.

Когда главная просѣка MN будетъ готова, то ее промѣряютъ цѣпью не менѣе двухъ разъ, при чемъ назначаютъ свайками точки: M″, m', P, M′ и n' соотвѣтственныя точкамъ p, h', p' и f'' плана. Потомъ приступаютъ къ проложенію другихъ просѣкъ; положимъ, что требуется проложить просѣку черезъ точку M′, которая обозначаетъ точку p' плана; установя надъ M′ горизонтально астролябію, прокладываютъ просѣкъ M′N′, по углу $bp'x$ въ обѣ стороны отъ точки M′. (Проведеніе просѣкъ дѣлается совершенно такъ же какъ описано проложеніе просѣка MN). Промѣряя линію M′N′ назначаютъ на ней точку T соотвѣтственно точкѣ t на планѣ, а промѣряя линію M′N″ назначаютъ на ней точки T′ и T″ соотвѣтственно точкамъ t' и t'' плана.

Потомъ черезъ точку n' проводятъ визирную линію $n'n''$ соотвѣтственную $f''r$, черезъ P, PP′ соотвѣтственно $h'y$. черезъ M″,M″m'' соотвѣтственно pz, черезъ T, TH соотвѣтственно $a'''t$, черезъ T′, T′H′ соотвѣтственно $t'a'$ черезъ T″, T′H″ соотвѣтственно $t''a''$; всѣ эти визирныя линіи продолжаютъ въ обѣ стороны и, убѣдившись въ ихъ вѣрности прорубаютъ по нимъ просѣки извѣстной ширины.

Если бы проложеніе просѣкъ дѣлалось мензулою, то дѣйствіе будетъ совершенно одинаково съ описаннымъ, а именно: опредѣливъ положеніе точки a на мѣстности ставятъ надъ нею мензулу и по приведеніи въ горизонтальное положеніе ориентируютъ по линіи aA, потомъ приложивъ алидаду къ линіи ab,

вѣшать, по направленію діоптровъ, линію такъ же какъ это было описано при проведеніи этихъ линій астролябіею.

§ 154. Подробная лѣсная съемка.

Когда дача будетъ раздѣлена на кварталы, тогда приступаютъ къ подробной съемкѣ. Для этого прежде всего дѣлается обходъ снимаемаго квартала или астролябіею, или мензулою; причемъ бокъ мензулы оріентируютъ по меридіану. Обходъ съ мензулою дѣлается такъ же какъ это было описано въ § 91 ст. 2. При промѣрѣ граничныхъ линій, черезъ каждыя 100 сажень ставятъ колышки съ затесками и на нихъ дѣлаютъ зарубки: для 100 сажень одну, для 200 двѣ, для 300 три, для 400 четыре и для 500 крестъ; колышки эти ставятъ, обращая затескою въ ту сторону, куда идетъ измѣреніе. Постановка описанныхъ колышковъ имѣютъ цѣлію облегчить работу при выдѣлѣ участковъ.

Когда окружный обходъ будетъ оконченъ и фигура увязана; то приступаютъ къ назначенію выдѣловъ насажденій. Для чего таксаторъ проходитъ по кварталу и замѣчаетъ тѣ насажденія, которыя нужно выдѣлять; границы этихъ выдѣловъ обозначаются затесками на деревьяхъ, и по этимъ затескамъ съемщикъ прорубаетъ визирныя линіи и производитъ съемку.

Повороты визирныхъ линій обозначаютъ нумерованными кольями по порядку. Когда всѣ выдѣлы будутъ приготовлены въ лѣсу, тогда приступаютъ къ нанесенію ихъ на планъ. Такъ какъ большею частію подробная съемка производится мензулою, то при этомъ нужно замѣтить, что если окружный обходъ былъ сдѣланъ съ астролябіею, то должно опредѣлить отклоненіе стрѣлки мензульной буссоли отъ стрѣлки той астролябіи, которою былъ произведенъ обходъ. Самый же обходъ дѣлаютъ такъ: Пусть (чер. 352) ABDE представляетъ кварталъ, гдѣ линіи 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4 и т. д. суть границы выдѣловъ; отмѣривъ отъ ближайшаго сотеннаго кола до № 1, съемщикъ откладываетъ эту длину на мензулѣ отъ соотвѣтственной точки

и установивъ надъ точкою № 1 горизонтально мензулу и оріентировавъ ее по линіи АВ, наносятъ линію по направленію на № 2, потомъ эту линію измѣряютъ и отложивъ по масштабу ея длину переходятъ съ епзулою на № 2, и продолжаютъ съемку обходомъ такъ, какъ это описано въ § 91 ст. 2. Дойдя до № 6 измѣряютъ до ближайшаго сотеннаго кола, и если это разстояніе будетъ согласно съ планомъ; то выдѣлъ произведенъ вѣрно.

Окончивъ нанесеніе этого выдѣла приступаютъ къ нанесенію другаго и продолжаютъ такъ же до тѣхъ поръ, пока всѣ выдѣлы будутъ сняты.

Для скорости работы можно ставить мензулу черезъ точку, такъ напримѣръ: съ № 1 переходятъ на № 3 и оріентировавъ мензулу по меридіану, наносятъ длину линіи отъ № 1 до № 2 и черезъ полученную на мензулѣ точку визируютъ на вѣху № 2, отъ чего получается направленіе линіи № 2, № 3 и т. д.

Каждый участокъ на планѣ подписываютъ буквою латинскаго алфавита начиная съ буквы *a*.

На планѣ должно подписывать названіе губерніи, уѣзда, лѣсной дачи и № квартала. Подъ № квартала подписывается общая площадь всего плана.

По исчисленію площади составляется вѣдомость всѣмъ площадямъ планшета по установленной формѣ.

Когда желаютъ выдѣлы сдѣлать астролябіею, то дѣйствіе обхода будетъ одинаково, какъ описано въ § 55. отд. I.

Но иногда случается наскоро назначить выдѣлы и при томъ не требуется строгой точности, тогда съ пользою можно употреблять буссоль. Съемка буссолью дѣлается такъ: съемщикъ становится при колѣ № 1 (чер- 352) и посылаетъ рабочаго къ колу № 2, который и подаетъ голосъ, тогда съемщикъ дѣлаетъ направленіе на его голосъ, записавши азимутъ, шагами дѣлаетъ до него промѣръ, потомъ рабочій переходитъ на колъ № 3 и опять подаетъ голосъ и такимъ образомъ продолжаютъ съемку выдѣловъ.

§ 155. Назначеніе на планѣ участковъ, снятыхъ въ лѣсу и назначеніе въ лѣсу границъ участка проэктированнаго на планѣ.

1) Съемка участка.

Предположимъ, что участокъ *abfhm* (чер. 352) представляетъ вырубленный лѣсъ и границы его нужно нанести на имѣющійся планъ. Для этого прійдя въ какую нибудь вершину угла снимаемаго участка, напримѣръ въ *a* дѣлаютъ визирную линію на голосъ человѣка, стоящаго на просѣкѣ MB, такъ напримѣръ *an*, потомъ отмѣривъ разстояніе M*n*, откладываютъ его на планѣ; установя надъ точкою *n* горизонтально мензулу и по оріентированіи ея по линіи MB, черезъ *n* дѣлаютъ направленіе на *a*; промѣривъ линію *an* откладываютъ на планѣ и получаютъ точку соотвѣтственную точкѣ *a* мѣстности, а потомъ уже дѣлаютъ обходъ точно такъ же какъ это было описано при снятіи выдѣловъ насажденій.

2) Назначеніе участка.

Предположимъ, что на планѣ проэктированы границы участка, который нужно выдѣлить въ лѣсу. Для этого проводятъ на планѣ прямую линію отъ вершины угла участка до квартальной просѣки, измѣряютъ ея длину, а также измѣряютъ и часть квартальной просѣки отъ точки пересѣченія до угла квартала. Когда выдѣлъ будетъ производиться мензулою, то нужно опредѣлить только длины линій, а если астролябіею, то должно еще опредѣлить и румбы этихъ линій; потомъ на мѣстности отмѣриваютъ отъ соотвѣтственнаго угла квартала длину линіи, найденную на планѣ, напримѣръ M*n* и получаютъ наприм. точку *n* (чер. 352), надъ которой ставятъ инструментъ и пролагаютъ согласно плану визирную линію; отмѣривъ отъ *n* длину, найденную по плану, въ полученную точку *a* ставятъ колъ и опъ

обозначитъ точку соотвѣтственную точкѣ плана. Надъ этимъ коломъ ставятъ инструментъ и согласно плана пролагаютъ визирную линію ab; отмѣривъ отъ точки a длину соотвѣтственную плану, получаютъ точку b соотвѣтственную точкѣ плана и такимъ образомъ производятъ дѣйствіе до начальной точки a; тогда проведенныя визирныя линіи и выразятъ границы выдѣляемаго участка.

ГЛАВА XLI.

РЕКОГНОСЦИРОВКА.

§ 156. Предварительныя понятія.

Глазомѣрная съемка есть та, въ которой бо́льшая часть подробностей снимаемой мѣстности назначается безъ помощи инструментовъ на глазъ.

Глазомѣрная съемка производится съ двумя цѣлями.

1) Когда нужно наскоро имѣть планъ хозяйственныхъ распоряженій въ мѣстахъ малонаселенныхъ, а также и въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ уже прежде была произведена подробная съемка, но встрѣтилась надобность сдѣлать пополненіе въ планахъ по случаю измѣненія въ очертаніи контуръ (происшедшихъ со времени съемки) и такого рода глазомѣрная съемка называется рекогносцировкою мѣстности.

2) Въ военное время, гдѣ ни время, ни мѣстность не позволяютъ произвести съемки инструментальной.

При составленіи плановъ глазомѣрной съемки масштабы принимаются различные: при самой подробной съемкѣ дюймъ принимается за 500 саженъ; при менѣе подробной дюймъ принимаютъ за 2, или за 5, или за 10 верстъ.

§ 157. Измѣреніе разстояній при глазомѣрной съемкѣ.

При глазомѣрной съемкѣ линіи измѣряются: или шагами, или оборотами колеса, или ходомъ лошадей, или помощію звука, или зеркальными экерами, или глазомѣромъ.

§ 158. Измѣреніе шагами.

При съемкахъ, гдѣ не требуется строгая точность, линіи измѣряютъ шагами.

Очевидно, что если будетъ извѣстна величина шага и число пройденныхъ шаговъ, то произведеніе числа шаговъ на величину шага выразитъ длину пройденной линіи. Такъ напримѣръ: пусть величина шага $^1/_3$ сажени, а число сосчитанныхъ шаговъ 927, то длина линіи будетъ $927 \times {}^1/_3 = 309$ сажень.

Величина же шага опредѣляется такъ: измѣривъ небольшую прямую линію цѣпью, ходятъ по ней взадъ и впередъ нѣсколько разъ, стараясь дѣлать шаги равномѣрными, сосчитавъ при каждомъ разѣ число шаговъ, берутъ средину (т. е. сумму всѣхъ раздѣляютъ на число переходовъ) и, раздѣливъ длину взятой линіи на число шаговъ, получаютъ величину одного шага.

Такъ напримѣръ линія измѣрена въ 50 сажень:

Въ первой разъ оказалось въ ней		150	шаговъ,
во второй	—	152	—
въ третій	—	151	—
въ четвертый	—	149	—
	Средина	150	шаговъ.

Тогда величина шага будетъ равна $\frac{50}{150} = {}^1/_3$ сажени.

Для счета числа шаговъ употребляютъ особый снарядъ, называемый педометромъ.

а) Устройство (чер. 353).

Педометръ устроивается такъ: въ четыреугольной коробкѣ *abfh*, на сторонѣ *af* нарѣзаны четыре окружности, и каждая

изъ нихъ раздѣлена на 10 равныхъ частей, дѣленія подписаны цифрами на оборотъ, для того, чтобы смотря въ зеркало, помѣщенное въ крышкѣ af', они казались бы въ прямомъ видѣ.

Въ центрѣ каждой окружности устроена движущаяся стрѣлка. Внутри коробки помѣщенъ особый механизмъ изъ зубчатыхъ колесъ, который и соединяется съ ручкою M такъ, что когда дернемъ за ручку M одинъ разъ, стрѣлка n пройдетъ по окружности одно дѣленіе, когда дернемъ еще разъ, стрѣлка подвинется еще на одно дѣленіе и т. д. Когда стрѣлка n пройдетъ всю окружность, то стрѣлка n' пройдетъ только одно дѣленіе; слѣдовательно, когда стрѣлка n обойдетъ окружность 10 разъ, тогда стрѣлка n' пройдетъ всю окружность, а стрѣлка n'' пройдетъ только одно дѣленіе и т. д. И такъ стрѣлка n показываетъ единицы числа шаговъ, стрѣлка n' десятки, стрѣлка n'' сотни и стрѣлка n''' тысячи шаговъ.

b) Употребленіе.

Снарядъ этотъ употребляется такимъ образомъ: съемщикъ привѣшиваетъ его крючкомъ x къ петлѣ сюртука и ставъ прямо, привязываетъ спурокъ z къ ногѣ. Потомъ, поставя стрѣлки на нули, идетъ по прямой линіи (начиная съ той ноги, къ которой привязанъ спурокъ), тогда стрѣлки ручкою M будутъ приводиться въ движеніе и отсчеты на кругахъ покажутъ число тысячъ, сотенъ, десятковъ и единицъ шаговъ; помноживъ это число на два и на величину шага, получимъ длину пройденной линіи.

Примѣръ.

Пусть будетъ такое показаніе стрѣлокъ: $n''' = 1$; $n'' = 3$; $n' = 4$, и $n = 6$, и такъ число шаговъ будетъ $1346 \times 2 = 2692$; пусть величина шага равна $^1/_3$ сажени, тогда измѣренная линія будетъ $2692 \times {}^1/_3 = 897\,{}^1/_3$ сажени, или 1 верста $397\,{}^1/_3$ сажень.

Примѣчаніе. Педометры устроиваютъ еще такъ: (чер. 354) въ кругломъ футлярѣ на подобіе карманныхъ часовъ, помѣщенъ

механизмъ, устроенный такъ, что когда дернемъ за ручку M, тогда стрѣлка A пройдетъ одно дѣленіе, когда дернемъ еще разъ — стрѣлка A пройдетъ еще одно дѣленіе и т. д. Когда стрѣлка A обойдетъ всю окружность, т. е. пройдетъ 100 дѣленій, то стрѣлка B пройдетъ одно дѣленіе, а когда стрѣлка B пройдетъ цѣлую окружность, тогда стрѣлка D пройдетъ только одно дѣленіе ; и такъ стрѣлка D будетъ показывать тысячи шаговъ; стрѣлка B сотни, а стрѣлка A единицы числа шаговъ. Употребляется такой педометръ подобно прежде описанному.

§ 159. Измѣреніе длины дорогъ.

Длину дороги со всѣми ея изгибами, можно измѣрять помощію оборотовъ экипажнаго колеса.

Очевидно, что если будетъ извѣстна величина обода колеса и число оборотовъ его по проѣханному пути, то произведеніе числа оборотовъ на длину обода и выразитъ длину самой дороги.

Для счета оборотовъ колеса употребляется особый снарядъ, называемый одометромъ.

a) Устройство (чер. 355).

Къ мѣдной доскѣ ABD придѣлываютъ на оси два металлическихъ круга равныхъ діаметровъ; нижній кружокъ H дѣлается изъ цѣльнаго куска металла и имѣетъ на своей окружности 99 равныхъ зубцовъ, а на поверхности своей (начиная отъ центра) спиральное углубленіе.

Верхній кружокъ F дѣлается въ видѣ кольца, соединеннаго съ своимъ центромъ радіусами x, x, x, и одинъ изъ нихъ xx имѣетъ видъ дуги, центръ которой находится въ точкѣ R, и въ той же точкѣ устроена на оси движущаяся стрѣлка y, на концѣ стрѣлки придѣлана шпилька, которая входитъ въ спиральное углубленіе круга H.

На внѣшней сторонѣ окружности кольца F нарѣзывается 100 равныхъ зубцовъ. На кружкахъ F и H противу каждаго зубца,

назначаются дѣленія: на кружкѣ H—99, а на кружкѣ F—100, которыя (черезъ каждыя 10) и подписываются цифрами. Оба эти кружка приводятся въ движеніе безконечнымъ винтомъ ML, свободно движущимся въ ушкахъ, придѣланныхъ въ точкахъ E и K. Сверху винта ML придѣлывается показатель P. Описанный снарядъ помѣщается въ мѣдную цилиндрическую коробку. При обращеніи этой коробки будетъ обращаться и винтъ ML (потому, что одинъ конецъ его дѣлается граненый); приборъ же по тяжести своей будетъ висѣть отвѣсно; слѣдовательно винтъ ML при всякомъ поворотѣ будетъ подвигать оба кружка на одинъ зубецъ. Если дѣленіе кружка, подписанныя нулемъ приведемъ въ совпаденіе между собою и съ показателемъ P, то при каждомъ оборотѣ винта нули будутъ отходить отъ показателя на одно дѣленіе. Послѣ ста оборотовъ винта, нуль дѣленія на кружкѣ F снова придетъ къ показателю P; между тѣмъ какъ нуль дѣленія на кружкѣ H пройдетъ далѣе его на одно дѣленіе (ибо на этомъ кружкѣ только 99 зубцовъ); слѣдовательно каждое дѣленіе на кружкѣ H будетъ выражать сто оборотовъ винта ML. Очевидно, что когда нули дѣленій опять придутъ въ совпаденіе, то это будетъ означать, что винтъ ML сдѣлалъ 9900 оборотовъ.

Для того, чтобы знать, сколько разъ повторится 9900 оборотовъ винта, то при началѣ измѣренія стрѣлку y устанавливаютъ на дѣленіе радіуса xz, которое и записываютъ.

Послѣ 9900 оборотовъ стрѣлка y передвинется на одно дѣленіе, когда винтъ сдѣлаетъ еще 9900 оборотовъ, тогда стрѣлка передвинется еще на одно дѣленіе; слѣдовательно число дѣленій, пройденныхъ стрѣлкою по радіусу выразитъ число повторенія 9900 оборотовъ винта.

b) Употребленіе.

Описанный снарядъ привязывается между спицами экипажнаго колеса. При всякомъ оборотѣ колеса будетъ оборачиваться и одометръ, а снарядъ помѣщенный внутри коробки по тяжес-

ти своей будетъ оставаться въ покоѣ, слѣдовательно будетъ считать обороты колеса.

Примѣръ.

Положимъ, что при отправленіи въ путь пули кружковъ были приведены въ совпаденіе между собою и съ показателемъ P, а стрѣлка *y* установлена на дѣленіе радіуса *xz*, означенное цифрою 3. Пріѣхавши на мѣсто, вынимаютъ одометръ, и пусть: стрѣлка показываетъ четвертое дѣленіе, показатель P на кружкѣ II показываетъ 45, а на кружкѣ F 54; слѣдовательно оборотовъ колеса будетъ: $(9900\times1)+(45\times100)+54=14454$.

Пусть ободъ колеса равенъ $2^1/_2$ аршинамъ, слѣдовательно длина пути будетъ равняться $14454\times2^1/_2$ аршинамъ, или 36135 аршин., что будетъ составлять 24 версты и 25 сажень.

Примѣчаніе. Одометры устраиваютъ еще такъ: на кругѣ F нарѣзаютъ 141 зубецъ и окружность его раздѣляютъ на 140 частей; слѣдовательно каждое дѣленіе круга II будетъ выражать 141 оборотъ винта ML. Если же пули кружковъ придутъ въ совпаденіе; то это значитъ, что винтъ ML повернулся 19740 разъ.

§ 160. Измѣреніе линій глазомѣромъ.

Для измѣренія линій глазомѣромъ, должно пріучить глазъ оцѣнивать длину линій, а для этого сначала должно пріучиться опредѣлять длину линій, лежащихъ на мѣстности ровной, смотря съ одного конца линіи, и потомъ повѣрятъ глазомѣръ точнымъ измѣреніемъ.

Когда глазъ будетъ пріученъ къ вѣрной оцѣнкѣ длины линій съ конца, тогда нужно пріучаться опредѣлять длину линій, смотря на нее съ боку и даже въ нѣкоторомъ разстояніи отъ опредѣляемой линіи.

Послѣ пріучаютъ глазъ опредѣлять длину линій, лежащихъ на скатахъ, а также и величину угловъ наклоненія самыхъ

скатовъ, и при каждомъ случаѣ глазомѣръ повѣряется точнымъ измѣреніемъ.

Когда убѣдятся что глазъ довольно изощренъ въ опредѣленіи разстояній, тогда только можно будетъ положиться на приблизительно вѣрное измѣреніе глазомѣромъ.

По этотъ способъ измѣренія можно употреблять только въ тѣхъ случаяхъ, когда нѣтъ никакой возможности сдѣлать другія измѣренія, потому что онъ очень не точенъ и кромѣ того, есть много такихъ посторонніихъ причинъ, что и самый опытный съемщикъ можетъ впасть въ грубыя ошибки.

Не лишнимъ считаю сказать нѣсколько замѣчаній на опредѣленіе линій глазомѣромъ:

Глазомѣрное опредѣленіе значительныхъ разстояній бываетъ очень ошибочно потому, что оно дѣлается черезъ сравненіе его съ положеніемъ промежуточныхъ предметовъ; стало быть когда таковыхъ предметовъ на данной мѣстности вовсе не будетъ, то съемщикъ можетъ впасть въ ошибки, а для устраненія этого съемщикъ долженъ пріучить свой глазъ оцѣнивать разстояніе по углу зрѣнія; но и при этомъ способѣ опредѣленія есть своего рода особенности, а именно: если предметъ находится на высотѣ, напримѣръ 10 саж., то онъ кажется гораздо меньше того, какъ бы видѣли его на разстояніи 10 саженъ по горизонтальному разстоянію, параллельныя линіи, по мѣрѣ отдаленія ихъ, кажутся сходящимися; такъ же когда будутъ предметы равно удаленные, но не равно освѣщенные, тогда тотъ предметъ, который будетъ болѣе освѣщенъ, покажется ближе того, который менѣе освѣщенъ; кромѣ того, если бы видѣнные предметы были бы совершенно равны, то предметъ освѣщенный болѣе покажется менѣе того, который освѣщенъ меньше; слѣдовательно, при глазомѣрномъ опредѣленіи разстояній полезно съемщику всѣ указанныя случайности принимать въ соображеніе.

Примѣчаніе 1. При глазомѣрныхъ съемкахъ удобно измѣрять линіи ходомъ лошади, употребляя при этомъ часы, ибо зная сколько верстъ въ одинъ часъ проходитъ лошадь и число часовъ, проведенное въ дорогѣ, легко опредѣлить и длину са-

маго пути. Такъ напримѣръ, пусть лошадь въ одинъ часъ идетъ по мѣстности ровной шагомъ 4 версты; рысью $6^1/_2$ верстъ; $3^3/_4$ версты поднимаясь въ гору и $3^1/_2$ версты спускаясь съ горы. Напримѣръ ѣхали шагомъ по мѣстности ровной $1^3/_4$ часа; въ гору $^1/_4$ часа; подъ гору 10 минутъ, потомъ опять по мѣстности ровной $2^1/_2$ часа; слѣдовательно по мѣстности ровной ѣхали $4^1/_2$ часа = 17 верстъ
въ гору— $^1/_4$ — = $468^3/_4$ сажени.
подъ гору 10 минутъ= $291^2/_3$ сажени.
И такъ длина пути 18 верстъ 260 сажень.

Примѣчаніе 2. Величину разстояній можно опредѣлить помощію звука. Этотъ способъ основанъ на томъ, что свѣтъ и звукъ, происходящіе въ одинъ моментъ, распространяются не равномѣрно, а именно: свѣтъ мгновенно (относительно опредѣляемыхъ разстояній), а звукъ употребляетъ нѣкоторое время, чтобы пройдти опредѣленное разстояніе.

Многіе ученые занимались опредѣленіемъ скорости звука и нашли, что звукъ въ одну секунду времени при температурѣ 0 градусовъ Реомюра, проходитъ разстояніе равное 1027,2 фута. При увеличеніи температуры, увеличивается и скорость звука. Слѣдовательно, при этомъ способѣ опредѣленія разстояній, должны быть часы и термометръ.

Зная промежутокъ времени отъ появленія свѣта до появленія звука (выраженный въ секундахъ), должно умножить эту величину на скорость звука (при замѣченной температурѣ), отъ чего получимъ требуемое разстояніе.

При измѣреніи разстояній помощію звука кромѣ температуры нужно еще замѣчать и направленіе вѣтра, ибо попутный вѣтеръ увеличиваетъ, а противный уменьшаетъ скорость звука. Только перпендикулярное направленіе вѣтра не измѣняетъ его скорости.

Опытомъ найдено, что слабый вѣтеръ ускоряетъ звукъ въ 1″ на 5 футовъ, сильный на 10 футовъ и самый сильный на 15 футовъ; слѣдовательно, всѣ эти случайности должно вводить поправками при опредѣленіи разстояній.

ГЛАВА XLII.

Инструменты и способы для измѣренія угловъ при глазомѣрной съемкѣ.

Углы при глазомѣрной съемкѣ измѣряются: 1) глазомѣромъ; 2) шагами; 3) эккерами, и 4) буссолями.

§ 161. Измѣреніе угловъ глазомѣромъ.

Чтобы пріобрѣсти навыкъ опредѣлять величину угловъ глазомѣрно, то должно сначала пріучать глазъ вѣрно возставлять перпендикуляры, потомъ пріучиться опредѣлять на глазъ $^1/_2$, $^1/_4$, $^3/_4$ и другія части прямаго угла; при чемъ необходимо повѣрять глазомѣръ точнымъ измѣреніемъ.

Когда глазъ будетъ довольно изощренъ въ опредѣленіи угловъ лежащихъ горизонтально, тогда должно пріучать глазъ опредѣлять величины угловъ, смотря снизу покатости и потомъ смотря сверху. Также полезно пріучиться опредѣлять и уголъ наклоненія самой плоскости; при чемъ также должно сначала оцѣнивать его величину, смотря снизу покатости, а потомъ сверху.

§ 162. Измѣреніе угловъ шагами.

Измѣреніе угловъ шагами производится такимъ образомъ: предположимъ, что требуется измѣрить данный уголъ ABD (чер. 356) шагами; для этого идутъ по одной изъ сторонъ угла, напримѣръ по BD и отмѣриваютъ нѣсколько шаговъ, напримѣръ 10, изъ полученной точки N возставляютъ глазомѣрно перпендикуляръ къ линіи BN, послѣ того измѣряютъ длину этого перпендикуляра до точки M, лежащей на линіи BA и пусть его длина будетъ 7 шаговъ; тогда будемъ имѣть всѣ данныя для построенія этого угла. А чтобы знать его величину въ градусахъ, то дѣлаютъ чертежъ такого рода (чер. 357): наклевъ

на кардонъ бумагу, чертятъ на ней прямой уголъ BAD, потомъ изъ вершины его, радіусомъ равнымъ 5 дюймамъ описываютъ дугу и дѣлятъ ее на 18 равныхъ частей; слѣдовательно въ каждой части будетъ 5 градусовъ; точки дѣленій соединяютъ съ вершиною угла прямыми линіями, потомъ радіусъ AE раздѣляютъ на 10 равныхъ частей и подписавъ ихъ цифрами, возставляютъ изъ нихъ перпендикуляры къ линіи AB; радіусъ AD дѣлятъ тоже на 10 частей изъ точекъ дѣленія возставляютъ перпендикуляры къ AD. Употребляется этотъ чертежъ такъ: предположимъ, что измѣрены BN=10 шаг. NM=7 шаг. (чер. 356), на чертежѣ по соотвѣтственному перпендикуляру, т.е. по EF отъ точки E отсчитываютъ 7 дѣленій, и пусть это будетъ точка *n*, тогда измѣренный уголъ будетъ заключать столько градусовъ, сколько подписано на линіи, проходящей черезъ вершину угла, т. е. въ нашемъ углѣ будетъ 35 градусовъ. Но если бы длина перпендикуляра кончилась между линіями, проведенными черезъ вершину угла, то тогда должно брать средину между подписанными цифрами, такъ напримѣръ: пусть перпендикуляръ кончился въ точкѣ *m*, то величина угла будетъ $32^1/_2$ градуса. Если данный уголъ будетъ тупой, то должно описаннымъ способомъ измѣрить уголъ, служащій ему дополненіемъ до 180^0, или такъ: возставя перпендикуляръ изъ его вершины измѣрить полученный острый уголъ и тогда величина даннаго угла будетъ 90^0 сложенные съ измѣреннымъ угломъ,

§ 165. Измѣреніе угловъ эккерами.

Кромѣ эккеровъ, описанныхъ въ VII-й главѣ I-го отдѣла, еще употребляются слѣдующія зеркальныя линейки: Фалона и Петто.

Линейка Фалона.

а) Устройство (чер. 358).

Она состоитъ изъ мѣдной, или деревянной линейки AB, на одномъ концѣ которой придѣлывается діоптръ DH, а на дру-

гомъ на оси *b* вращается мѣдный кружекъ *aa*, къ которому прикрѣпляется зеркало MM′ такъ, чтобы плоскость его была перпендикулярна къ поверхности линейки и проходила черезъ ось вращенія *b*. Верхняя часть зеркала соскоблена и на поверхности его по продолженію оси вращенія проведена линія перпендикулярно къ плоскости линейки. На кругѣ *aa* назпачена черта и при ней поставленъ нуль.

На линейкѣ врѣзывается изъ мѣди, или просто чертится дуга NN, центръ которой есть ось вращенія зеркала, а радіусъ равенъ радіусу круга *aa*.

b) *Установка.*

Предъ употребленіемъ этого эккера, должно установить зеркало такъ, чтобы основаніе его съ линіею D′F составляло уголъ въ 45 градусовъ, для чего поступаютъ такимъ образомъ (чер. 359): ставъ въ какую нибудь точку N мѣстности, взятую на прямой AB и поставя зеркало такъ, чтобы основаніе его составляло уголъ съ линіею D′F приблизительно въ 45°, посылаютъ выставить вѣху M такъ, чтобы она отразилась въ несоскобленной части зеркала подъ вѣхою B, видѣнною сквозь соскобленную часть зеркала, потомъ сдѣлавъ поворотъ съ эккеромъ на четверть оборота направляютъ начерченную на зеркалѣ линію на вѣху M, и если при этомъ вѣха A покажется въ несоскобленной части зеркала подъ вѣхою M, то это будетъ значить, что основаніе зеркала съ линіею D′F дѣйствительно составляетъ уголъ въ 45°, въ противномъ случаѣ должно немного поправить зеркало и описанный пріемъ повторить: если опять не будетъ этого выполняться, то еще подвинуть зеркало и опять повторить.

Установка эта можетъ быть сдѣлана гораздо скорѣе, если имѣется какой либо угломѣрный спарядъ, тогда поступаютъ такъ; взявъ прямую, напримѣръ BN (чер. 359), изъ N возставляютъ угломѣрнымъ инструментомъ перпендикуляръ, и потомъ ставъ въ точку N, направляютъ сквозь соскобленную часть зеркала на вѣху B и зеркало поворачиваютъ до тѣхъ поръ, пока

будетъ видна въ зеркалѣ вѣха M подъ вѣхою B; слѣдовательно тогда зеркало будетъ установлено.

Но чтобы не дѣлать каждый разъ описанной установки, то замѣчаютъ на дугѣ NN положеніе нулевой черты круга *aa*, напримѣръ чертою *s*; слѣдовательно по приведенію нулевой черты круга въ совпаденіе съ чертою *s*, основаніе зеркала будетъ составлять съ линіею FD′ уголъ въ 45 градусовъ.

Линейка Фаллона можетъ быть употребляема какъ дальномѣръ, для чего нужно сдѣлать слѣдующую установку зеркала (чер. 359): по линіи NB, отъ N отмѣриваютъ 100 сажень и ставятъ вѣху, напримѣръ D″, а по линіи NM, отъ точки N отмѣриваютъ одну десятую долю этой длины, т. е. 10 сажень, и ставъ въ точку E, паводятъ линейку такъ, чтобы смотря черезъ діоптръ, черта на зеркалѣ покрывала вѣху D″; потомъ зеркало подвигаютъ до тѣхъ поръ, пока вѣха M будетъ видна подъ вѣхою D″ и при этомъ замѣчаютъ на дугѣ NN положеніе нулевой черты рычага.

c) Употребленіе.

Пусть (чер. 360) требуется изъ точки M возставить перпендикуляръ къ линіи AB и опредѣлить длину линіи MB. Для этого съ линейкою становятся въ точку M и поставя черту круга, означенную нулемъ, на черту *s*, направляютъ на вѣху B; при этомъ посланный съ вѣхою D перестанавливаетъ ее до тѣхъ поръ, пока она будетъ видна въ зеркалѣ подъ вѣхою B и тогда линія MD будетъ перпендикулярна къ AB.

Если зеркало подвинемъ такъ, что черта, означенная нулемъ будетъ совпадать со второю замѣченною чертою и потомъ станемъ двигаться по линіи MD до тѣхъ поръ, пока смотря черезъ черту *mm* зеркала на вѣху B, увидимъ вѣху D подъ вѣхою B, тогда измѣривъ разстояніе отъ M до точки стоянія, т. е. линію MK и увеличивъ въ 10 разъ получимъ длину линіи MB.

Линейка Нетто.

a) *Устройство* (чер. 361).

Линейка Нетто есть усовершенствованная линейка Фаллона, она состоитъ изъ мѣдной линейки AB, къ одному концу которой прикрѣпляется діоптръ D, а въ точкѣ E на оси устроено вращающееся зеркало MM′, верхняя часть котораго соскоблена. Вмѣстѣ съ зеркаломъ вращается и мѣдный полукругъ MNM′, раздѣленный на полуградусы.

На линейкѣ подлѣ дуги MNM′ устроенъ ноніусъ *ab*, на которомъ нуль назначается по линіи DF. Къ срединѣ основанія зеркала, въ положеніи къ нему перпендикулярномъ, придѣлывается рычагъ E*f*, который шарниромъ соединяется съ равнымъ ему рычагомъ *fh*: конецъ рычага *fh* помощію ручки свободно движется въ прорѣзѣ *nn*.

b) *Теорія*.

Предположимъ, что сквозь соскобленную часть зеркала видна вѣха K и зеркало установлено такъ, что вѣха H видна въ зеркалѣ подъ вѣхою K, тогда измѣренный уголъ KEH будетъ равенъ удвоенному углу M′EF. Это видно изъ слѣдующаго: уголъ $x=x$, какъ углы паденія и отраженія; M′E*f* прямой; слѣдовательно и уголъ $y = y$, но y=M′EF какъ углы вертикальные, измѣряемый же уголъ HEF=y+M′EF, или равенъ 2M′EF, но уголъ M′EF измѣряется дугою *pp*′; слѣдовательно дуга *pp*′ будетъ выражать половину измѣреннаго угла M′EF. Если же дуга *pp*′ будетъ раздѣлена на полуградусы, то число сосчитанныхъ полуградусовъ будетъ выражать число градусовъ въ измѣренномъ углѣ, и кромѣ того, измѣряемый уголъ HEF будетъ равенъ углу *h*f E, что видно изъ слѣдующаго: уголъ HEF=180−2 x; уголъ *h*f E=180 — (x+z), но тріугольникъ E*f*h равнобедренный, слѣдовательно уголъ $x = z$, а потому и уголъ E*f*h тоже будетъ равенъ 180—2x, или равенъ измѣряемому углу HEF.

c) Употребленіе.

Измѣреніе угловъ линейкою Нетто производится такъ: выставивъ вѣхи на бокахъ даннаго угла, помѣщаются съ инструментомъ въ его вершинѣ и направивъ черезъ соскобленную часть зеркала на одну вѣху, ручкою подвигаютъ зеркало до тѣхъ поръ, пока вѣха, выставленная по направленію другаго бока угла будетъ видна въ зеркалѣ подъ первою вѣхою, тогда число сосчитанныхъ по дугѣ полуградусовъ выразитъ градусную величину измѣряемаго угла.

Чтобы измѣренный уголъ графически нанести на бумагу, то должно, не измѣняя положенія зеркала, положить на бумагу линейку и по внутреннимъ сторонамъ рычаговъ *hf* и *fE* провести линіи, тогда полученный на бумагѣ уголъ выразитъ измѣряемый уголъ.

Измѣреніе угловъ помощію эккера и цѣпи.

Измѣреніе угловъ эккеромъ и цѣпью дѣлается такъ: пусть требуется измѣрить уголъ DAB (чер. 362); для этого на одной изъ сторонъ даннаго угла, напримѣръ на сторонѣ AD, въ точкѣ N втыкаютъ колъ и изъ этой точки, помощію эккера опускаютъ перпендикуляръ NM на линію AB, остается измѣрить линію AM и MN, или AM и AN.

Нанесеніе измѣреннаго угла на бумагу можно сдѣлать: или графически, или опредѣливъ вычисленіемъ градусную величину измѣреннаго угла нанести транспортиромъ. Нанесеніе угла графически производится на основаніи геометрическаго построенія прямоугольнаго тріугольника по даннымъ гипотенузѣ и катету, или по двумъ катетамъ. При этомъ надобно замѣтить, что такъ какъ точки M и N обыкновенно берутся не въ дальнемъ разстояніи отъ точки A (отъ 10 до 20 сажень , то построеніе тріугольника AMN на бумагѣ дѣлается въ увеличенномъ масштабѣ, а не въ томъ, въ которомъ производится съемка; ког-

да же получится уголъ, то опредѣляютъ его величину въ градусахъ и потомъ уже строятъ его транспортиромъ.

Можно прямо безъ построенія опредѣлить величину измѣреннаго угла въ градусахъ и минутахъ такъ: если измѣрена гипотенуза NA и катетъ AM, то $\text{Cos } A = \frac{AM}{AN}$; если измѣрено AN и MN, то $\text{Sin } A = \frac{MN}{AN}$; если измѣрено AM и MN, то $\text{tg } A = \frac{NM}{AM}$.

Когда при измѣреніи угла мѣстность не дозволитъ произвести описаннаго дѣйствія, тогда должно продолжить бока даннаго угла въ другую сторону и измѣрить уголъ вертикальный данному.

При измѣреніи угловъ тупыхъ должно поступать такъ: измѣрить уголъ служащій дополненіемъ данному до 180°, или разложить данный тупой уголъ, возставивъ перпендикуляръ изъ вершины его къ одному изъ его боковъ, тогда получатся два угла: одинъ прямой, а другой острый; измѣривъ полученный острый уголъ и придавъ къ нему 90 градусовъ получимъ величину даннаго угла.

Если встрѣтится измѣрить уголъ, имѣющій неприступную вершину, такъ напримѣръ ABD (чер. 363), то должно поступать такъ: продолжить какой нибудь бокъ угла, напримѣръ BD, возставить къ нему произвольной длины перпендикуляръ и взявъ на этомъ перпендикулярѣ произвольную точку, напримѣръ *b*, возставить перпендикуляръ къ *ab* до пересѣченія съ бокомъ AB, тогда уголъ A/*b* будетъ равенъ ABD, какъ углы соотвѣтственные; слѣдовательно, измѣривъ уголъ A/*b* будемъ имѣть величину даннаго угла.

4) Измѣреніе угловъ буссолями описано въ §§ 31, 32 и 33 (отдѣлъ I).

§ 164. Изготовленіе бумаги для глазомѣрной съемки.

Для большаго удобства при производствѣ глазомѣрной съемки, бумагу наклеиваютъ на доску, или на кардонъ и расчерчи-

ваютъ ее на квадраты, стороны которыхъ дѣлаютъ въ одинъ дюймъ, потомъ каждый квадратъ раздѣляютъ на мелкіе квадраты; а для отличія большіе квадраты обчерчиваютъ толстыми линіями. Изготовленная такимъ образомъ бумага дастъ возможность безъ циркуля наносить величину измѣренныхъ линій; также если принять одну изъ параллельныхъ линій за направленіе меридіана, то будетъ очень легко наносить и азимуты линій безъ транспортира.

ГЛАВА XLIII.

Производство съемки.

Производство глазомѣрной съемки почти ни чѣмъ не отличается отъ производства съемки инструментальной, потому что и въ этой съемкѣ необходимо прилагать всевозможное стараніе для точнаго опредѣленія главныхъ пунктовъ мѣстности.

Глазомѣрная съемка производится: 1) безъ пособія инструментовъ; 2) эккеромъ; 3) буссолью, и 4) малосложною мензулою.

§ 165. Производство съемки безъ пособія инструментовъ.

Для производства съемки безъ пособія инструментовъ поступаютъ такъ: проводятъ черезъ всю дачу нѣсколько прямыхъ линій, пересѣкающихся подъ различными углами, опредѣливъ глазомѣрно величину угла, составленнаго пересѣченіемъ двухъ смежныхъ линій, будемъ имѣть двѣ оси координатъ, къ которымъ и относятъ всѣ предметы, находящіеся въ этомъ углѣ; это дѣлаютъ такъ: измѣряя какую нибудь изъ взятыхъ линій шагами, съемщикъ замѣчаетъ подошвы перпендикуляровъ, опущенныхъ отъ тѣхъ предметовъ, которые нужно будетъ наносить

на планъ; длину же этихъ перпендикуляровъ опредѣляетъ на глазъ и всѣ эти данныя записываетъ въ журналъ и наноситъ на бумагу. Если при прохожденіи по другимъ линіямъ будутъ встрѣчаться нѣкоторые изъ опредѣленныхъ уже предметовъ, то съемщикъ долженъ снова опредѣлить подошвы перпендикуляровъ, опущенныхъ отъ этихъ предметовъ, отчего положеніе ихъ будетъ опредѣлено гораздо точнѣе.

Когда снимаемый участокъ не великъ, а времени для производства съемки достаточно, то за неимѣніемъ инструментовъ, можно произвести съемку помощію однихъ кольевъ, что и дѣлаютъ такъ (чер. 364): избравъ произвольную линію AB и измѣривъ ее, принимаютъ за базисъ, потомъ при точкахъ A и B строятъ равносторонніе тріугольники AHD и BEF, стороны которыхъ раздѣляютъ на одинаковое число равныхъ частей, обозначая точки дѣленій кольями; послѣ того остается замѣтить черезъ какія два кола въ тріугольникахъ будетъ видна одна и та же точка. Послѣ этого не трудно будетъ нанести на бумагу всѣ такимъ образомъ опредѣленныя точки.

Изложенные способы съемки можно употребить только въ крайнихъ случаяхъ; гораздо будетъ удобнѣе съемщику употребить часъ времени и сдѣлать крестообразный эккеръ, или еще лучше устроить малосложную мензулу, тогда работы значительно облегчатся.

§ 166. Съемка небольшихъ участковъ помощію эккера и цѣпи.

Съемку сомкнутыхъ фигуръ помощію эккера и цѣпи можно производить слѣдующими способами:

1) Снятіе сомкнутой контуры посредствомъ одной линіи.

Пусть требуется снять (чер. 365) многоугольникъ ABDEFHL: провѣшиваютъ внутри данной контуры произвольную линію AM, а въ вершинахъ угловъ B,D,E,F,H,L ставятъ вѣхи, потомъ проходятъ по линіи AM и эккеромъ опредѣляютъ на ней подошвы

перпендикуляровъ, опущенныхъ изъ всѣхъ вершинъ угловъ на эту линію, при чемъ и измѣряютъ разстоянія Aa, ab, bf, lf, ln и mn, а также измѣряютъ и величину перпендикуляровъ aB, bD, fE, lF, nH и mL.

Имѣя эти данныя, легко будетъ снятую фигуру нанести на бумагу, для чего поступаютъ такъ: проводятъ на бумагѣ прямую A′M′ (чер. 365), на которой отъ точки A′ откладываютъ по масштабу найденныя разстоянія Aa, Ab, Af, Al, An и Am, отъ чего получимъ точки a', b', f', l', n' и m'; изъ этихъ точекъ возставляютъ перпендикуляры, и отложивъ на нихъ соотвѣтственныя длины получимъ точки B′, D′, E′, F′, H′ и L′, соединивъ ихъ соотвѣтственно линіямъ мѣстности, будемъ имѣть планъ снятой фигуры.

2) Снятіе контуры посредствомъ двухъ взаимно перпендикулярныхъ линій.

Выбравъ внутри снимаемаго участка произвольную точку x (чер. 366), провѣшиваютъ черезъ нее двѣ взаимно перпендикулярныя линіи: AB и DE и при томъ такъ, чтобы ихъ можно было измѣрять, потомъ начиная отъ точки x измѣряютъ разстояніе между подошвами перпендикуляровъ, опущенныхъ изъ всѣхъ вершинъ угловъ контуры на проведенныя линіи AB и DE, тогда будемъ имѣть всѣ данныя для нанесенія на планъ снятой фигуры, ибо эти перпендикуляры будутъ координатами вершинъ угловъ.

Вмѣсто перпендикулярныхъ линій AB и DE, можно взять линіи, пересѣкающіяся подъ произвольнымъ угломъ, тогда съемка производится тѣмъ способомъ, какъ описано, только при этомъ нужно измѣрить уголъ, образуемый линіями AB и DE.

3) Данную фигуру можно снять, измѣривъ всѣ углы и длину линій (измѣреніе угловъ описано въ § 164).

4) Когда желаемъ эккеромъ снять дачу со всѣми внутри ея лежащими контурами, то поступаютъ такъ: предварительно разставляютъ вѣхи на мѣстахъ, преимущественно возвышенныхъ, которыя и будутъ служить соединеніемъ съ вершинами угловъ

снимаемой дачи. При этомъ наблюдаютъ, чтобы между избранными точками можно было вѣшить и измѣрять линіи; потомъ измѣряютъ: граничныя линіи (чер. 367), AB, BH, HD и т. д. и линіи діагональныя aA, aB, aH, aD, aE, EK и FA. При измѣреніи этихъ линій замѣчаютъ пересѣченіе ихъ съ контурами разнородныхъ качествъ; а также опредѣляютъ подошвы и величины перпендикуляровъ, опущенныхъ изъ всѣхъ замѣченныхъ точекъ контуръ, отъ чего будемъ имѣть всѣ данныя для нанесенія снятаго участка на планъ. Но если бы снимаемая дача была ограничена кривыми линіями, то для снятія ея проводятъ (не въ дальнемъ отъ нея разстояніи) прямую HD(чер. 367), (если будетъ нужно, то проводятъ двѣ, три и болѣе прямыхъ смотря по удобству и расположенію изгибовъ данной кривой); потомъ опредѣливъ положеніе этой прямой, остается фигуру самой кривой линіи опредѣлить перпендикулярами Hh, mn, $m'n'$ и Dn''.

Нанесеніе же на планъ снятой кривой производится по правиламъ уже описаннымъ.

§ 167. Съемка буссолью.

Съемка буссолью производится такъ: избираютъ такую точку, съ которой можно бы было измѣрить базисъ; потомъ съемщикъ ставъ съ буссолью въ точку A (чер. 368), беретъ азимуты направленій на предметы R, N, D, E и наноситъ ихъ на разграфленную бумагу, послѣ того измѣряетъ линію AB по направленію на предметъ M, означивъ ея длину на бумагѣ, становится съ буссолью въ точку B и беретъ азимуты направленій на всѣ видимые предметы, т. е. на N, D, E, P и F и назначаетъ ихъ на бумагѣ, отъ чего положеніе точекъ N, D и E опредѣлится; послѣ того перейдя въ точку F беретъ азимуты направленій на точки E, P, H и K, и нанеся азимутъ линіи EF черезъ точку E опредѣлитъ точку стоянія, а потомъ отъ этой точки наноситъ и другіе азимуты и продолжаетъ дѣйствіе подобнымъ образомъ. При каждомъ стояніи съемщикъ обрисо-

вываетъ на планѣ всѣ окружающія его контуры мѣстности, а также и неровности оной.

Если бы случилось, что на снимаемой мѣстности нельзя было избрать многихъ предметовъ, то можно бы отъ базиса AB взять какой нибудь другой болѣе удобный базисъ и производить съемку такъ, какъ было описано.

Если при съемкѣ встрѣтится предметъ уже опредѣленный, то должно взять азимутъ направленія на этотъ предметъ и тѣмъ повѣрить свою съемку.

§ 168. Съемка мензулою.

Мензула, употребляемая при глазомѣрной съемкѣ, состоитъ изъ легкаго штатива безъ всякихъ винтовъ, на который накладывается небольшая доска (дюймовъ 12).

Принадлежности къ такой мензулѣ: маленькая алидада со складными діоптрами, или просто со шпиньками и буссоль.

Съемка малосложною мензулою производится такъ: выбираютъ такую точку, изъ которой бы можно было измѣрить линію, служащую направленіемъ на какой нибудь замѣчательный предметъ. Пусть эта точка будетъ A (чер. 368), оріентировавъ въ точкѣ A мензулу по компасу, направляютъ алидаду на предметъ M, и потомъ на всѣ видимые предметы N, D, E... Послѣ этого отмѣриваютъ произвольную линію AB такъ, чтобы изъ точки B были видны тѣ же предметы, на которые сдѣланы направленія; отложивъ ея длину по масштабу, устанавливаютъ мензулу въ точку B и оріентировавъ ее, засѣкаютъ точки N, D и E. Когда предметы избраны такъ, что они будутъ видны изъ различныхъ точекъ мѣстности, тогда для съемки достаточно будетъ, становясь въ разныя точки мѣстности оріентировать мензулу по компасу и направленіемъ на опредѣленныя точки опредѣлять положеніе точекъ стоянія засѣчками назадъ, такъ напримѣръ: ставъ въ точку F, опредѣляютъ ея положеніе по точкамъ E и B, потомъ по точкамъ F и B опредѣ-

ляютъ точку стоянія P; послѣ того по точкамъ F и P опредѣляютъ точку стоянія H и т. д.

Контуры же мѣстности съемщикъ обрисовываетъ на глазъ, не сходя съ опредѣленной точки стоянія, при этомъ онъ также изображаетъ неровности мѣстности, записываетъ угодья и точно такимъ образомъ продолжаетъ дѣйствіе.

§ 169. Съемка маршрутовъ.

При съемкѣ маршрутовъ съемщикъ держитъ направленіе только по той дорогѣ, которую ему должно снять. Въ то время онъ не имѣетъ возможности, ни измѣрять точно линій, ни производить подробной съемки, и всѣ его дѣйствія ограничиваются только измѣреніемъ линій шагами или ходомъ лошади и опредѣленіемъ буссолью главнѣйшихъ направленій дороги; при чемъ съемщикъ долженъ брать направленія и на предметы, лежащіе по сторонамъ дороги; все же остальное съемщикъ наноситъ на бумагу глазомѣрно. Маршрутная съемка производится такимъ образомъ: прежде всего съемщикъ разспрашиваетъ: или у жителей, или у проводника о томъ мѣстѣ, съ котораго онъ намѣренъ начать съемку; также разузнаетъ о длинѣ своего пути, о главномъ направленіи дороги, о поворотахъ, и потомъ уже отправляется въ путь. Назначивъ на бумагѣ то мѣсто, откуда поведетъ съемку, онъ обрисовываетъ всѣ близъ лежащія контуры мѣстности, такъ напримѣръ: предположимъ, что начальный пунтъ будетъ село Архангельское (чер. 369); начертивъ расположеніе самаго села; какъ оно ему было видно при входѣ въ него, онъ обрисовываетъ и оврагъ холодный. Вышедши изъ села, онъ видитъ село Николаево, деревню Егорову и церковь села Михайлова и тотчасъ дѣлаетъ на нихъ направленіе буссолью, потомъ идетъ по дорогѣ къ деревнѣ Егоровой и карандашемъ рисуетъ контуры на версту по обѣ стороны, при чемъ записываетъ и грунтъ дороги.

Прійдя на вершину возвышенности въ точку *a*, съемщикъ останавливается и оттуда осматриваетъ пройденный путь, при

чемъ повѣряетъ нарисованное. Стоя въ точкѣ *a*, онъ беретъ направленіе на село Алексѣевское и деревню Инякину по той причинѣ, что дойдя до села Медведкова, онъ не увидитъ ихъ за горами, и такимъ образомъ продолжаетъ съемку, обрисовывая контуры по обѣ стороны дороги.

При съемкѣ маршрута должно замѣчать все, что заслуживаетъ вниманія и записывать по сторонамъ чертежа, при чемъ ширину и глубину рѣкъ означать цифрами; встрѣчая болоты, должно дѣлать о нихъ точныя дознанія, такъ напримѣръ: за рѣкою Чермянкою лежитъ болото поросшее кустарникомъ; при этомъ случаѣ должно разъузнать о проходимости по этому пути во всякое время года; если же изъ полученныхъ свѣдѣній онъ узнаетъ, что можно обойдти болотистое мѣсто стороною, то долженъ осмотрѣть обходъ, снять его на мурштрутъ и сдѣлать ему подробное описаніе. Вышедъ на дорогу при селѣ Медведковѣ, съемщикъ долженъ взять направленіе на тѣ изъ нанесенныхъ предметовъ, которые ему видны и тѣмъ повѣрить произведенную съемку.

Вообще при съемкѣ маршрутовъ съемщикъ долженъ обращать особое вниманіе на все встрѣчающееся ему на пути; ибо все то, что онъ не можетъ начертить на бумагѣ, долженъ внести въ записную книжку, не дозволяя себѣ удерживать въ памяти до окончанія работы. Кончивъ дневную работу, съемщикъ немедленно долженъ весь маршрутъ начерченный карандашемъ, или перерисовать, или по крайней мѣрѣ обвести чернилами. При перерисовкѣ, онъ сначала долженъ нанести положеніе тѣхъ точекъ, на которыя были сдѣланы визиры, а послѣ того наносить и прочіе предметы, какъ то: рѣки, деревни, озера, болота, горы и т. п.; при чемъ можно дѣлать небольшое измѣненіе противъ чернаго брульена, согласно замѣчаніямъ, сдѣланнымъ на поляхъ маршрута, или въ записной книжкѣ.

Горы на черновыхъ маршрутахъ изображаются горизонталями, а углы наклоненія подписываютъ цифрами.

На чистыхъ маршрутахъ горы вычерчиваются штрихами по извѣстнымъ угламъ наклоненія.

§ 170. Описаніе къ маршруту.

Сдѣлавъ маршрутъ, съемщикъ долженъ приложить къ нему описаніе снятой дороги.

Описаніе должно быть составлено такъ, чтобы по немъ безъ затрудненія можно было судить о слѣдованіи по этому пути во всякое время года.

Въ описаніи маршрута должно помѣстить слѣдующее: ширину дороги, грунтъ дороги, — обведена ли она канавами или пѣтъ, обсажена ли она деревьями; какіе спуски и подъемы и на какихъ мѣстахъ; удобно ли проходить эти скаты; какіе повороты дѣлаетъ дорога и куда идутъ ея вѣтви; рѣки, ручьи и овраги; встрѣчающіеся на пути мосты (въ какомъ они состояніи находятся, и есть ли средства для ихъ поправки); броды съ обозначеніемъ ихъ глубины и грунта дна рѣки, черезъ которую идетъ бродъ; всѣ переправы и на чемъ онѣ производятся, съ точностію должно указать на мѣста неудобныя для перевозки тяжестей; также указать средства для исправленія ихъ; означить время перехода отъ одного пункта до другаго; также описать мѣстность, лежащую по сторонамъ дороги; при чемъ также не должно выпустить изъ виду: рѣки, мосты, броды, горы и т. д.; также описать народонаселеніе деревень, ихъ промыслъ, количество хлѣбныхъ запасовъ и т. п.

ГЛАВА XLIV.

ИСЧИСЛЕНІЕ ПЛОЩАДЕЙ ПЛАНОВЪ ПОМОЩІЮ ОСОБЫХЪ ИНСТРУМЕНТОВЪ.

§ 171. Роговой листокъ (полетка) (чер. 370).

На тонкомъ роговомъ листкѣ или на прозрачной бумагѣ чертятъ прямоугольники AB*ba*, *abnm* и т. д. такой величины, что-

бы площадь каждаго изъ нихъ равнялась одной десятинѣ или 2400 квадратнымъ саженямъ. Для чего одинъ бокъ прямоугольника дѣлается длиною въ 30 сажень, а другой въ 80 сажень, или одинъ въ 40, а другой въ 60 сажень и тогда площади прямоугольниковъ AB*ba*, *abnm* и т. д. будутъ представлять десятины. А чтобы брать части десятины, то стороны этихъ прямоугольниковъ дѣлятъ такъ: одинъ бокъ на 6 равныхъ частей (если взято 60 сажень), а другой на 4 равныя части; или одинъ на 8 частей (если взято 80 сажень), а другой на 3, и проводятъ тонкія черты, отъ чего получаютъ квадраты, имѣющіе площади въ 100 квадратныхъ сажень, слѣдовательно такихъ квадратовъ въ каждой десятинѣ будетъ по 24. Изготовленный такимъ образомъ листокъ даетъ возможность вычислять площади съ точностію до 100 квадратныхъ сажень. Но такъ какъ при этомъ еще можно глазомъ оцѣнивать десятыя доли каждаго квадрата; слѣдовательно точность получится до 10 квадратныхъ сажень.

Употребленіе.

Листокъ кладутъ на ту контуру, площадь которой нужно вычислить; и смотрятъ, сколько въ данной контурѣ помѣстилось цѣлыхъ прямоугольниковъ или десятинъ и сколько квадратовъ; очевидно, что сумма ихъ дастъ площадь вычисляемой фигуры. Но чтобы не сбиться въ счетѣ, то должно сосчитанные квадраты отмѣчать тушью. Число сажень опредѣленное суммою квадратовъ, должно дѣлить на 2400, отъ чего получаются десятины.

Роговой листокъ употребляется только при вычисленіи самыхъ мелкихъ контуръ.

§ 172. Агрометръ Бибикова.

Устройство (чер. 371).

Агрометръ устроивается въ видѣ линейки, длиною до 2-хъ футовъ и шириною ровно въ 2 дюйма. По краю линейки AB

откладываютъ части равныя 24 саженямъ, взятымъ по масштабу 100 сажень въ дюймѣ, отъ чего получатся прямоугольники; площадь каждаго изъ нихъ равна $24 \times 200 = 4800$ саженямъ, т. е. 2 десятинамъ, а площадь тріугольника, имѣющаго основаніемъ, напримѣръ одно дѣленіе и высоту 2 дюйма будетъ равна $24 \times \frac{200}{2} = 2400$; слѣдовательно число дѣленій агрометра будетъ выражать число десятинъ того тріугольника, въ которомъ основаніе будетъ сосчитанное число дѣленій агрометра, а высота 2 дюйма.

Линейка устроивается: или изъ мѣди, или изъ кардона, или просто чертится на почтовой бумагѣ. Иногда дѣленія агрометра подраздѣляютъ еще на части.

Употребленіе.

Употребленіе агрометра основано на равновеликости площадей тріугольниковъ, имѣющихъ равныя основанія и равныя высоты.

Опредѣленіе площадей дѣлается такъ: пусть требуется (чер. 372) опредѣлить площадь тріугольника АВН. Прежде всего проводятъ изъ В линію ВК параллельно къ АН и прикладываютъ агрометръ такъ, чтобы дѣленіе, означенное нулемъ, совпало съ точкою А, и чтобы край линейки DF прошелъ черезъ точку Н, тогда должно замѣтить точку М, т. е. ту точку, куда упадетъ параллель ВК, отъ чего получимъ тріугольникъ АМН равновеликій съ тріугольникомъ АВН (ибо основаніе и высоты ихъ одинаковы). Но площадь тріугольника АМН равна основанію АМ, умноженному на половину высоты NH, или равна числу дѣленій агрометра, умноженному на половину ширины линейки (по масштабу 100 саж. въ дюймѣ), т, е. на 100; слѣдовательно число дѣленій агрометра и выразитъ число десятинъ въ исчисляемомъ тріугольникѣ; стало быть и площадь тріугольника АВН равновеликая съ площадью тріугольника АМН будетъ равна тому же числу десятинъ.

Сей часъ мы имѣли тотъ случай, когда параллельная линія ВК упала на черту дѣленія агрометра, теперь разсмотримъ, какъ должно поступать въ томъ случаѣ, если линія ВК упадетъ между дѣленій Очевидно, что тогда число цѣлыхъ дѣленій выразитъ число десятинъ, а для опредѣленія частей десятинъ полезно имѣть тріугольникъ (чер. 373) ABF, устроенный такимъ образомъ: пусть требуется опредѣлять площади съ точностію до 100 квадратныхъ сажень. Такъ какъ 100 квадратныхъ сажень составляетъ $\frac{1}{24}$ долю десятины, то для построенія тріугольника берутъ линію BF, равную одному цѣлому дѣленію агрометра и возставя перпендикуляръ FD, откладываютъ на немъ 24 произвольныхъ, но равныхъ части; конецъ 24 части, т. е. точку A, соединяютъ съ B, и изъ всѣхъ точекъ дѣленія линіи AF проводятъ параллели къ BF.

Для опредѣленія частей десятины помощію этого тріугольника поступаютъ такъ: пусть напримѣръ линія ВК (чер. 372) упала между 22 и 23 дѣленіями, тогда взявъ циркулемъ величину отъ меньшаго дѣленія до линіи ВМ (т. е. отъ 22 дѣленія), накладываютъ ее по линіямъ параллельнымъ къ линіи BF, и пусть она упадетъ на 8-е дѣленіе, въ такомъ случаѣ въ тріугольникѣ АВН будетъ 22 десятины и 800 сажень.

Примѣчаніе. Когда при вычисленіи встрѣтится такой тріугольникъ, что агрометръ будетъ малъ для его вычисленія, то этотъ тріугольникъ нужно разбить на два, или на три тріугольника, и вычисливъ площадь каждаго изъ нихъ взять сумму. Когда же тріугольникъ будетъ такъ малъ, что его агрометромъ вычислить нельзя, то должно увеличить площадь его въ два, или въ три раза, и вычисливъ площадь вновь составленнаго тріугольника, взять ту часть, которую данный тріугольникъ составляетъ отъ построеннаго.

Увеличеніе площади тріугольника можно дѣлать такъ: должно продолжить одинъ изъ боковъ его и на продолженіи отложить длину продолжаемой стороны одинъ или два раза, полученную черезъ это точку соединить съ вершиною угла, противуполож-

наго продолженной сторонѣ, отъ чего и получится тріугольникъ увеличенный.

При исчисленіи площади многоугольника, должно разбить его на тріугольники, и вычисливъ ихъ площади способомъ вышеописаннымъ, взять сумму этихъ площадей.

§ 173. Планиметръ Лера.

Устройство (чер. 374).

На металлической пластинкѣ A′B′F′D′ начерченъ прямоугольникъ ABFD, въ которомъ бокъ AB длиною въ 10, а бокъ AD въ 4, 8 дюйма. Линіи AB и AD приняты за оси ассимптотъ и между ними начерченъ рядъ равносторонних гиперболъ, въ разстояніи другъ отъ друга по линіи BF на 0,048 дюйма, т. е. $Ba' = a'b' = b'f$, и т. д., и каждая изъ нихъ = 0,048 дюйма. Площади всѣхъ прямоугольниковъ, имѣющихъ три вершины на осяхъ ассимптотъ и одну вершину угла, на одной и той же гиперболѣ будутъ равновелики, то есть $ABa'p = Amnp' = Am'n'p'' = Am''n''p''' = Am'''n'''D$ и т. д. Но площадь прямоугольника $ABa'p = AB \times Ba'$, гдѣ AB = 10 дюймамъ, что при масштабѣ 100 сажень въ дюймѣ будетъ 1000 сажень; а линія aB = 0,048, что по тому же масштабу будетъ 4, 8 сажени; слѣдовательно площадь прямоугольника $ABa'p$ равна 2 десятинамъ, а площадь тріугольника ABp, равная половинѣ прямоугольника $ABa'p$, будетъ равна одной десятинѣ. Площади прямоугольниковъ для второй гиперболы будутъ равны 4 десятинамъ; для третьей гиперболы 6 десятинамъ и т. д. Кромѣ описанныхъ кривыхъ, на планиметрѣ начерчены еще прямыя параллельныя къ BF.

Употребленіе.

Пусть (чер. 374) требуется планиметромъ опредѣлить площадь тріугольника MHN. Для этого должно приложить плани-

метръ къ одному изъ боковъ даннаго тріугольника, напримѣръ къ MN такъ, чтобы крайняя черта планиметра совпала съ точкою M. Потомъ взявъ циркулемъ высоту HH′, должно противъ точки N отложить линію hh' равную HH′. Очевидно, что площадь тріугольника A$h'h$ будетъ равновелика съ площадью даннаго тріугольника. А чтобы знать величину площади тріугольника A$h'h$, то нужно спуститься внизъ по той гиперболѣ, на которую упала ножка циркуля, т. е. по гиперболѣ $f'h'$ 3, подъ этою гиперболою подписана цифра 3; слѣдовательно въ тріугольникѣ MNH равновеликомъ съ A$h'h$ будетъ тоже 3 десятины.

Когда случится, что при отложеніи высоты тріугольника ножка циркуля не упадетъ на самую гиперболу, а между двумя гиперболами, тогда должно спускаться внизъ между назначенными гиперболами по умственно проведенной гиперболѣ.

Для вычисленія площади многоугольника поступаютъ такъ (чер. 373): избравъ внутри произвольную точку M, прикладываютъ планиметръ сначала къ линіи AB и вычисляютъ площадь тріугольника AMB, потомъ къ линіи BD и вычисляютъ площадь тріугольника BMD и т. д., тогда сумма площадей этихъ тріугольниковъ и выразитъ площадь всего многоугольника.

Если данная площадь многоугольника будетъ очень велика, то полезно вписать въ нее одинъ, два, три и т. д. прямоугольника, по величинѣ, ровной площади всего планиметра; за тѣмъ оставшіяся отъ того части многоугольника можно вычислить прежде описаннымъ способомъ.

Для скорости работы не записываютъ каждый разъ величину получаемыхъ площадей, а поступаютъ такъ: берутъ прямыя линіи A′B′, D′E′, и прочія длиною въ 10 дюймовъ. Когда при опредѣленіи площади спустятся внизъ, тогда берутъ циркулемъ величину линіи отъ той гиперболы, по которой опускались до точки D (чер. 374), напримѣръ D2 и эту величину откладываютъ по линіи A′B′ отъ A′, такъ напримѣръ: линію A′F′, потомъ опредѣливъ другую площадь, опять берутъ потребную часть линіи FD и откладываютъ по линіи A′B′ отъ F′ и т. д.;

очевидно, что сумма отложенныхъ линій, равная A′B′ выразитъ площадь въ 100 десятинъ.

При отложеніи этихъ линій, если случится, что конецъ послѣдней перейдетъ за точку B′, такъ напримѣръ въ K, то должно взять B′K и отложить на другую линію, начиная отъ D′ и т. д. Понятно, что если площадь фигуры не 100, 200, 300 и т. д. десятинъ, то одна линія будетъ неполная, такъ напримѣръ: пусть будетъ линія D′K′, то для опредѣленія соотвѣтственной площади должно измѣрить длину линіи D′K′ по сотенному масштабу; при чемъ число сотенъ саженъ выразитъ число десятковъ десятинъ; число десятковъ саженъ выразитъ число единицъ десятинъ, а единицы саженъ выразятъ десятыя доли десятины, напримѣръ число 426 саженъ показываетъ 42,6 десятины, или 42 десятины и 1440 саженъ.

Примѣчаніе. Теорія планиметра.

Уравненіе равносторонней гиперболы, отнесенной къ ассимптотамъ есть $x.\ y = \frac{a^2}{2}$, гдѣ a есть большая полуось; а x и y координаты. Но $x.\ y$ выражаетъ площадь прямоугольника; слѣдовательно площади прямоугольниковъ, составленныя частями ассимптотъ и координатами точекъ одной и той же гиперболы, будутъ равновелики.

§ 174 Линейка планиметръ Зарубина.

Устройство (чер. 376).

На металлической линейкѣ ABDF, длиною около 20 дюймовъ и шириною отъ 2 до $2^1/_2$ дюймовъ; одно ребро *ab* дѣлается скошеннымъ и на немъ назначены дѣленія, подписанныя слѣдующими цифрами: 0, 1, $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$, 2, $2^1/_2$ и 3. Величина каждаго цѣлаго дѣленія, т. е. отъ 0. до 1, отъ 1 до 2 и отъ 2 до 3 равна 6,9282 дюйма, что по масштабу 100 саженъ въ дюймѣ будетъ 692,82 саженн. Показанная цифра выведена изъ того, что при сотенномъ масштабѣ площадь тріугольника, имѣ-

ющаго основаніе 692,82 и высоту 692,82 равна 100 десятинамъ, или 240000 квадратнымъ саженямъ.

Черты, подписанныя цифрами $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$, обозначаютъ точно такія же части отъ длины 692,82 взятыя по сотенному масштабу.

На стальной циллиндрической оси *nn* устроены два мѣдныхъ циллиндрическихъ валика *mm*, совершенно равныхъ діаметровъ и имѣющіе на своей поверхности (перпендикулярно къ основанію) мелкую нарѣзку. Ось концами упирается въ стальные штифты, пропущенные сквозь особыя пластинки, придѣланныя къ линейкѣ ABDF.

Описанная ось съ валиками покрывается латуннымъ колпакомъ *pp*.

Валики *mm* входятъ въ прорѣзы линейки ABDF и выступаютъ наружу (снизу линейки) немного болѣе 0,1 дюйма, отъ чего линейка можетъ на нихъ катиться, и по равенству ихъ діаметровъ, ребро *ab* линейки, будетъ двигаться параллельно самой себѣ.

На одномъ изъ концевъ оси, подлѣ валика, помѣщается шестерня *hh*, зубцы этой шестерни зацѣпляются за зубцы колеса D. Колесо D утверждено на стальной оси, которая однимъ концемъ упирается въ линейку, а другой конецъ проходя черезъ пластинку F, выходитъ далѣе и на немъ утверждается стрѣлка M.

На оси колеса D укрѣплена шестерня, которая зубцами зацѣпляется за зубцы колеса E; на оси колеса E устроена тоже шестерня, которая зацѣпляется за зубцы колеса H. Колесо H имѣетъ вмѣсто оси пустой циллиндръ, которымъ надѣвается на ось колеса D и къ верхнему концу котораго прикрѣплена стрѣлка N.

Подъ описанными стрѣлками (выше всѣхъ колесъ) помѣщается циферблатъ $a'b'$, на которомъ начерчены двѣ окружности, изъ нихъ внѣшняя раздѣляется на 100 частей, а внутренняя на 50.

Размѣръ самымъ колесамъ и ихъ зубцамъ данъ такой, что если начертить тріугольникъ, имѣющій основаніе равное

692,82 и высоту равную 692,82 саженямъ (взятымъ по сотенному масштабу), то приложивъ линейку ребромъ *ab* къ основанію тріугольника и прокативъ ее такъ, чтобы ребро *ab* дошло до вершины тріугольника; стрѣлка M обойдетъ цѣлую окружность, а стрѣлка N пройдетъ только одно дѣленіе; слѣдовательно каждое дѣленіе внутренняго круга будетъ соотвѣтствовать 100 десятинамъ, а каждое дѣленіе внѣшней окружности будетъ соотвѣтствовать одной десятинѣ.

Изслѣдованія.

Предъ употребленіемъ линейки планиметра должно изслѣдовать: 1) при движеніи будетъ ли ребро *ab* всегда себѣ параллельно и 2) дѣйствительно ли каждое дѣленіе внѣшней окружности циферблата соотвѣтствуетъ одной десятинѣ.

1) Для изслѣдованія перваго условія, поступаютъ такъ: приложивъ линейку къ бумагѣ чертятъ по краюея линію, потомъ прокатываютъ по бумагѣ и при этомъ чертятъ еще нѣсколько линій, послѣ того перекладываютъ инструментъ такъ, чтобы правый конецъ перешелъ на мѣсто лѣваго и прикладываютъ точно ребро *ab* линейки къ послѣдней изъ начерченныхъ линій и катятъ линейку обратно къ начальной линіи, если при этомъ ребро *ab* будетъ совпадать съ прежде начерченными линіями, то условіе выполняется, если же нѣтъ, то ясно будетъ, что валики имѣютъ неровные діаметры (что исправить можетъ механикъ).

2) Для изслѣдованія втораго условіи должно на бумагѣ къ линіи возставить перпендикуляръ и на немъ отложить, начиная отъ его подошвы 692,82. Потомъ движеніемъ валиковъ; поставя стрѣлки на нули и приложивъ линейку ребромъ *ab* къ подошвѣ перпендикуляра, катить планиметръ до тѣхъ поръ, пока ребро *ab* дойдетъ до другаго конца перпендикуляра, если при этомъ стрѣлка M покажетъ нуль, а стрѣлка N одно дѣленіе, то условіе выполняется; въ противномъ случаѣ, должно измѣнить дѣленіе на ребрѣ *ab* линейки, что и дѣлаютъ такимъ

образомъ: пусть стрѣлка M прошла 102 дѣленія, слѣдовательно исчисляемая площадь тріугольника = 102 десятинамъ или $244800 = 346{,}41 \times x$; $x = \frac{244800}{346{,}41} = 706{,}677$ и тогда нужно отъ нуля, назначеннаго на ребрѣ *ab* отложить по сотенному масштабу 706,677.

Употребленіе.

Предположимъ, что дано найдти площадь тріугольника ABF (чер. 377), для этого прежде всего приводятъ его къ основанію равному цѣлому дѣленію ребра *ab* линейки и это называется: „привести тріугольникъ къ единичному основанію“. Пусть эта величина будетъ AE, соединивъ точки E и B должно изъ точки F провести къ этой линіи параллель до встрѣчи съ продолженною стороною AB; соединивъ точку D (пересѣченія AD съ DF) съ E, получимъ тріугольникъ ADE равновеликій съ ABF, тогда приложивъ планиметръ ребромъ *ab* къ линіи AE, должно прокатить его вверхъ до тѣхъ поръ, пока ребро *ab* дойдетъ до точки D и при этомъ число дѣленій сосчитанныхъ на циферблатѣ выразитъ число десятинъ въ данной площади. Части десятины оцѣниваются на глазъ съ точностію до 600 квад. сажень, или до $^1/_4$ десятины.

При вычисленіи площадей тріугольниковъ, имѣющихъ площадь менѣе 5 десятинъ, должно спачала привести его къ единичному основанію; найденную высоту увеличить въ 10 разъ и вычисливъ площадь вновь полученнаго тріугольника раздѣлить на 10, отъ чего полученое частное дастъ искомую площадь съ точностію до 60 квад. сажень.

Площади многоугольниковъ исчисляютъ такъ:

1) Обративъ данный многоугольникъ въ тріугольникъ, вычисляютъ его площадь способомъ вышеописаннымъ.

2) Обращаютъ многоугольникъ въ равновеликій ему тріугольникъ, имѣющій единичное основаніе, взятое внѣ обращаемой фигуры такимъ образомъ: пусть требуется вычислить линейкою планиметромъ площадь многоугольника ABDFHK (чер. 378).

Избравъ произвольную прямую aa', а на ней произвольную точку b, соединяютъ b съ A и ломанную FHKAb замѣняютъ прямою Fn такъ: K соединяютъ съ b и изъ точки A проводятъ линію Af параллельно къ Kb; соединивъ точку f съ K, линія Kf замѣнитъ AK и Ab; потомъ соединяютъ f съ H и изъ точки K проводятъ Km параллельно къ fH; соединивъ точку m съ H, линія mH замѣнитъ линіи fK и HK; послѣ того соединяютъ m съ F изъ точки H проводятъ линію Hn параллельно къ mF, соединивъ точку n съ F линія nF замѣнитъ mH и HF.

Для замѣны линій FD, DB, BA и Ab, линіею h''F соединяютъ B съ b и изъ точки A проводятъ линію Ah параллельно Bb; h съ B, линія hB замѣнитъ AB и Ab; потомъ соединяютъ h съ D и изъ точки B проводятъ линію Bh' параллельно къ Dh; соединивъ h' съ D, линія Dh' замѣнитъ Bh и BD; послѣ того соединяютъ h' съ F и изъ точки D проводятъ линію Dh'' параллельно къ Fh'; соединивъ h'' съ F, линія h''F замѣнитъ линіи h'D и DF, и такъ получился тріугольникъ h''Fn равно великій съ даннымъ многоугольникомъ ABDFHK.

Пусть линія $h''h'''$ есть единичное основаніе, соединивъ h''' съ F изъ n проводятъ параллель къ h'''F и пересѣченіе этой параллели съ h'''F дастъ точку h^{IV}, а полученный тріугольникъ $h''h'''h^{IV}$, имѣя единичное основаніе, т. е. $h''h''' = 692{,}82$ будетъ равновеликъ съ тріугольникомъ h''Fn, или съ даннымъ многоугольникомъ ABDFHK. Площадь полученнаго тріугольника $h''h'''h^{IV}$ вычисляется такъ какъ прежде было описано.

Примѣчаніе. Разберемъ, почему площадь тріугольника h''Fn будетъ равновелика съ площадью многоугольника ABDFHK.

Предположимъ, что линіи FH, HK и AK служатъ раздѣльными линіями въ фигурѣ bAFMNP и требуется ломанную FHKA замѣнить прямою линіею. Тріугольникъ AKb равновеликъ съ fKb; слѣдовательно линія fK замѣнитъ линіи AK и Ab и вмѣсто площади bAKHFMNP получается равновеликая ей площадь fKHFMNP, по равновеликости тріугольниковъ fKH и fHm; линія mH замѣнитъ fK и KH, слѣдовательно фигура fKHFMNP обратится въ mHFMNP. По равновеликости тріугольниковъ mFn и mHF линія Fn замѣнитъ mH и FH и фигура mHFMNP

обратится въ mFMNP. Очевидно, что площадь AFHK будетъ равновелика съ AFnb. Точно такъ же докажемъ, что и площадь ABDF будетъ равновелика съ площадью h''FAb; слѣдовательно площадь тріугольника h''Fn будетъ равновелика съ площадью даннаго многоугольника ABDFHK.

§ 175. Трансформометръ.

Устройство (чер. 379).

Къ мѣдной пластинкѣ ABED, длиною около 6-ти; а шириною около 2 дюймовъ, придѣлываются двѣ мѣдныя рамки $abfh$ и $a'b'f'h'$, въ которыхъ на стальныхъ осяхъ m', n', помѣщаются валики mm и nn; оси упираются въ остроконечные штифты pp и $p'p'$. Валики проходя ниже пластинки ABED даютъ возможность катить весь инструментъ по плоскости.

Оси установлены такъ, чтобы онѣ были параллельны между собою и перпендикулярны къ длинѣ пластинки.

На поверхности валиковъ дѣлаются нарѣзки для того, чтобы они не скользили по бумагѣ.

Сверху пластинки ABED привинчивается другая мѣдная пластинка FF, къ которой на оси придѣлывается пластинка HH.

Къ пластинкѣ HH помощію винта K прикрѣпляется линейка MM длиною около 20 дюймовъ и шириною около полудюйма. Линейка MM вмѣстѣ съ пластинкою H можетъ обращаться около оси x. Надъ пластинкою FF утверждена деревянная ручка R.

Ребро yt, линейки MM дѣлается скошеннымъ и на немъ назначаются дѣленія, начиная отъ центра x. Величина каждаго дѣленія 6,9282 дюйма, или что по масштабу 100 сажень въ дюймѣ будетъ 692,82 саж.

Кромѣ того, каждое дѣленіе подраздѣляется еще на 10 равныхъ частей, и одна изъ этихъ частей (ближайшая къ концу линейки), подраздѣляется еще на 10 частей. Дѣленія подписы-

ваются цифрами, начиная отъ конца линейки, къ центру ея вращенія такъ: 0, 100, 200.

Цѣль раздѣленія этой линейки состоитъ въ томъ, чтобы посредствомъ ея измѣрять высоты тріугольниковъ, приведенныхъ къ основанію равному 6,9282; очевидно, что при таковомъ основаніи каждое дѣленіе линейки будетъ соотвѣтствовать 10 десятинамъ.

На пластинкѣ ABED дѣлается прямоугольная выемка NTWZ, имѣющая сторону TW, равную радіусу xx' и параллельную къ длинной оси пластинки; поперечныя же стороны дѣлаются произвольной длины.

Черточки x' и x'' назначаются такъ, чтобы линія $x''x$ была параллельна къ ребру AD, и въ то время, когда черточки x'' и x будутъ приведены въ совпаденіе, то ребро yl должно быть перпендикулярно къ ребру AD.

Изслѣдованія.

1) Будетъ ли ребро линейки yl прямая линія?

2) Продолженіе этого ребра проходитъ ли черезъ центръ x?

3) Сторона TW, сдѣланная въ выемкѣ равна ли радіусу xx'?

и 4) По прямой ли линіи будетъ катиться спарядъ?

1-е условіе изслѣдуется точно такъ же какъ и ребро обыкновенной линейки.

Для изслѣдованія 2-го условія поступаютъ такъ: положивъ инструментъ на бумагу и прижавъ ручку R, по самому ребру ly проводятъ на бумагѣ нѣсколько линій (при различныхъ положеніяхъ линейки MM). Потомъ отнимаютъ инструментъ и начерченныя линіи продолжаютъ до пересѣченія; если всѣ онѣ пересѣкутся въ одной точкѣ, то это будетъ значить, что ребро линейки ly проходитъ черезъ центръ x, въ противномъ же случаѣ, нужно это исправить черезъ посредство механика.

Для изслѣдованія 3-го условія поступаютъ такъ: положивъ инструментъ на листъ бумаги и нажавъ ручку R, должно привести черты x' и x'' въ совпаденіе; потомъ по ребру ly ли-

нейки провести линію, а положеніе точки x'' замѣтить иглою. Послѣ этого, снять инструментъ и проведенную по ребру линію продолжить, а изъ сдѣланной на бумагѣ точки опустить на нее перпендикуляръ. Если этотъ перпендикуляръ будетъ равенъ сторонѣ выемки TW, то условіе выполняется, въ противномъ же случаѣ нужно исправить (то же черезъ механика).

Для изслѣдованія 4-го условія, должно положить инструментъ на бумагу, помѣщенную на ровномъ столѣ и взявъ тонко очиненный карандашъ, поставить его остріемъ въ уголъ T, придерживая карандашъ, должно катить инструментъ не слишкомъ скоро и какъ можно ровнѣе; при чемъ конецъ карандаша будетъ чертить линію; если эта линія окажется совершенно прямою, то значитъ снарядъ катается вѣрно по прямой линіи; въ противномъ же случаѣ инструментъ негоденъ къ употребленію.

Употребленіе.

Прежде нежели приступимъ къ описанію употребленія трансформометра, предварительно ознакомимся съ нѣкоторыми отдѣльными пріемами, а именно:

1) Какъ опредѣлить на бумагѣ ту точку, которая будетъ соотвѣтствовать центру вращенія линейки MM, когда инструментъ будетъ неподвиженъ?

и 2) Какъ совмѣстить данную на бумагѣ точку съ центромъ вращенія линейки?

1) Для опредѣленія на бумагѣ точки, соотвѣтственной центру вращенія линейки MM поступаютъ такъ: въ уголъ T ставятъ перпендикулярно иголку и прокатываютъ инструментъ такъ, чтобы иголка прикоснулась къ углу W, тогда точка x'' и обозначитъ ту самую точку, надъ которой находился центръ вращенія линейки передъ началомъ.

2) Чтобы данную на бумагѣ точку совмѣстить съ центромъ вращенія, то точку x'' подводятъ къ данной точкѣ, а въ уголъ W ставятъ перпендикулярно иглу, прокативъ инструментъ такъ, чтобы игла коснулась угла T, то въ это время данная на бумагѣ точка совмѣстится съ центромъ x.

Теперь предположимъ, что требуется трансформометромъ вычислить площадь многоугольника ABDEFKH (чер. 380); положивъ инструментъ такъ, какъ представлено на чертежѣ линіями *ab* и *fh*, выбираютъ произвольно какія нибудь вершины двухъ угловъ, напримѣръ D и H; совмѣстимъ черты x' и x'' и черту единичнаго дѣленія линейки MM съ точкою D (т. е. когда инструментъ будетъ прокаченъ по плану вправо, или влѣво, тогда черта единичнаго дѣленія должна проходить черезъ точку D). Нажавъ ручку R по уступцу TN проводятъ карандашемъ черту, потомъ подведя ребро *ty*, линейки MM, къ углу K, прокатываютъ инструментъ такъ, чтобы ребро пришло къ точкѣ H, потомъ нажавъ ручку R, линейку подводятъ къ точкѣ E и инструментъ прокатываютъ такъ, чтобы ребро прошло черезъ K, далѣе подводятъ ребро линейки къ углу F и прокатываютъ инструментъ такъ, чтобы ребро прошло черезъ E; подведя ребро линейки къ послѣднему углу D, прокатываютъ инструментъ до F и въ это время должно замѣтить положеніе TN; слѣдовательно одна половина плана будетъ превращена. Послѣ инструментъ приводятъ на первоначальное мѣсто (т. е. въ то положеніе, какое онъ имѣлъ передъ началомъ дѣйствія); для чего должно только совмѣстить NT съ прежде замѣченною чертою.

Потомъ ребро линейки *ty* сначала подводятъ къ углу A и инструментъ прокатываютъ до начальнаго угла H, потомъ ребро линейки подводятъ къ углу B и прокатываютъ инструментъ до A, наконецъ ребро линейки подводятъ къ послѣднему углу D и опять прокатываютъ инструментъ до B; нажавъ ручку R по NT проводятъ черту и планъ будетъ превращенъ въ тріугольникъ, у котораго основаніе равно единичному дѣленію (отъ D до *x*), а высота равна разстоянію между замѣченными черточками. Чтобы опредѣлить число десятинъ, то должно только ребро линейки *yt* приложить къ замѣченнымъ черточкамъ. Величина разстоянія между ними, сосчитанная по ребру линейки *ty*, опредѣлитъ число десятинъ исчисляемой площади.

Примѣчаніе 1. Если тріугольникъ будетъ приведенъ къ двойному или тройному основанію, то должно полученную площадь помножить на два; если къ тройному основанію, то нужно помножить на три и т. д.

Примѣчаніе 2. Во время превращенія фигуръ должно имѣть ту предосторожность, чтобы инструментъ катался всегда по одной прямой линіи, т. е. не перемѣнялъ бы своего направленія; а чтобы имѣть возможность всегда повѣрять правильность движенія инструмента, то нужно передъ началомъ превращенія, по ребру инструмента AD провести линію, и если во время дѣйствія ребро AD будетъ постоянно находиться возлѣ этой линіи, то значитъ превращеніе фигуры было произведено вѣрно; въ противномъ же случаѣ, если будетъ нѣсколько сдвигаться съ этой линіи, то слѣдуетъ направлять его при самомъ началѣ.

Примѣчаніе 3. Инструментъ должно класть такъ, чтобы къ каждому углу фигуры плана удобно было проводить ребро линейки, и чтобы во время движенія инструмента черта единичнаго дѣленія линейки *ly* непремѣнно переходила черезъ ту точку, на которую она была поставлена въ началѣ дѣйствія.

Если планъ великъ, его разбиваютъ на трапеціи, при чемъ непараллельныя стороны трапецій могутъ быть ломанныя линіи, которыя должно замѣнить прямыми линіями, дѣйствуя какъ выше было сказано, только передъ началомъ дѣйствія должно центръ вращенія линейки совмѣстить съ пунктомъ пересѣченія параллельной линіи съ границею плана.

§ 176. Планиметръ самокатъ зарубина.

Устройство (чер. 381).

Планиметръ самокатъ состоитъ: изъ мѣдной линейки AB длиною около 20 дюймовъ, которая можетъ свободно катиться по плоскости на равныхъ циллиндрическихъ валикахъ *a* и *a*.

Валики *a* и *a* укрѣплены на стальной оси *bb*, которая своими концами упирается въ стальные острокопечные винты. Къ одному ребру линейки AB прикрѣплены двѣ пластинки *l* и *l*, на которыхъ натянута стальная или обыкновенная нитка *Z'Z''*. Къ срединѣ линейки прикрѣплена латунная пластинка H, служащая ручкою для поднятія и для подстановки снаряда.

Надъ линейкою AB укрѣплена на подставкахъ пластинка F, въ которую проходитъ ось плоскаго колеса D. Снизу этого ко-

леса устроено другое колесо, зубцы котораго захватываютъ за зубцы колеса, помѣщеннаго на концѣ оси *bb*. Надъ пластинкой F между колесъ *h*, *h* и *h'* (изъ которыхъ *h* и *h* укрѣплены на неподвижныхъ осяхъ, а *h'* на оси, утвержденной въ пружинѣ), движется пластинка E, къ этой пластинкѣ винтами *kk* прикрѣпляется счетчикъ.

Надъ линейкою AB между колесъ *xx*, *yy*, движется линейка A′B′, къ которой прикрѣплена другая линеечка D′F′E′, одинъ конецъ ея соединенъ съ линейкою шарниромъ, а другой винтомъ *f'*, помѣщеннымъ въ прорѣзѣ. Эта линеечка лежитъ на небольшихъ кускахъ мѣди. Въ одинъ конецъ ея ввинчивается винтъ *h''*, который упирается въ мѣдную подставку и помощію его линеечка D′E′F′ можетъ быть передвигаема, что необходимо нужно при вывѣркѣ снаряда.

Линеечка D′F′E′ проходитъ между колесъ, прикрѣпленныхъ къ пластинкѣ E, отъ чего при движеніи линейки A′B′ движется и пластинка E съ счетчикомъ.

Колесо *n'* поддерживаетъ линейку A′B′; а *m'* есть показатель, конецъ котораго движется по ниткѣ Z′Z″.

Механизмъ счетчика состоитъ въ слѣдующемъ: на оси *m*, помѣщенной между остроконечными винтами *nn* укрѣплено колесо N′N, окружность котораго *a'a'*, проходя сквозь пластинки E и F соприкасается къ кругомъ D, отъ движенія котораго и оно получаетъ движеніе. При движеніи колеса N′, зубцы его захватываютъ за зубцы шестерни P. Ось шестерни P проходитъ сквозь пластинку *p'p'* и къ концу ея прикрѣпляется стрѣлка, движущаяся по кругу M, раздѣленному на 120 равныхъ частей.

За зубцы шестерни P зацѣпляется зубцами колесо R, снизу на оси котораго устроена шестерня, зацѣпляющаяся за зубцы колеса T; ось колеса T проходитъ сквозь пластинку *p'p'* и на концѣ ея утверждена стрѣлка, движущаяся по окружности H, раздѣленной на 100 равныхъ частей.

Размѣръ колесамъ данъ такой, чтобы стрѣлки показывали только половину исчисляемой площади.

Повѣрка.

Для повѣрки планиметра берутъ прямоугольникъ и вычисляютъ его площадь способомъ геометрическимъ и планиметромъ, и если получится одинаковое квадратное содержаніе, то значитъ планиметръ вѣренъ, если по планиметру получится площадь менѣе площади вычисленной способомъ геометрическимъ, то ослабивъ винтъ f и немного отвинтивъ винтъ h'', линеечку D′E′F′ должно подвинуть такъ, чтобы винтъ h'' коснулся подставки подъ линеечкою и потомъ повторять повѣрку до тѣхъ поръ, пока достигнутъ одинаковыхъ результатовъ; если по планиметру площадь получится болѣе, то должно сдѣлать обратное дѣйствіе.

Употребленіе.

Предположимъ, что требуется найдти площадь многоугольника ABDEF (чер. 382). Инструментъ ставятъ такъ, чтобы нить $Z'Z''$ совпадала съ какою нибудь стороною многоугольника, напримѣръ съ AF.

Поставя показателя въ точку A и приведя стрѣлки на нули, прокатываютъ инструментъ до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ коснется точки B (слѣдовательно показатель пройдетъ по Aa); сдвинувъ показателя въ точку B, снова катятъ инструментъ вверхъ до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ коснется точки D (слѣдовательно показатель пройдетъ по Bb); передвинувши показателя въ точку D, прокатываютъ инструментъ внизъ до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ коснется точки E (слѣдовательно показатель пройдетъ по Df); переставя показателя въ точку E, катятъ инструментъ внизъ до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ пройдетъ черезъ точку F (показатель пройдетъ по Eh); потомъ записываютъ показаніе обѣихъ стрѣлокъ M и H. Далѣе, поставя показателя въ точку F и стрѣлки на нули, инструментъ прокатываютъ вверхъ до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ коснется точки E (при этомъ показатель пройдетъ по Fh'); передвинувъ показателя въ точку E, катятъ инструментъ вверхъ до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ кос-

нется точки D (и показатель пройдетъ Ef'); передвинувъ его въ точку D инструментъ катятъ вниз до тѣхъ поръ, пока нить $Z'Z''$ коснется точки A (и показатель пройдетъ по Ba); сдѣлавъ отсчетъ по стрѣлкамъ, должно первый отсчетъ сложить со вторымъ, что и выразитъ искомую площадь. Ибо въ первомъ случаѣ мы вычислимъ площадь ABDEF—ABa+BbD—DfE +FEh; а во второмъ ABDEF—FEh'+ Ef'D—Db'B + BAa'; но ABa=BAa'; BbD=Db'B; DfE=Df'E и FEh=FEh'; сложивъ первую и вторую площадь получимъ 2ABDEF, но планиметръ даетъ только половину площади; слѣдовательно сумма отсчетовъ даетъ искомую площадь ABDEF.

Если представить себѣ, что данная площадь состоитъ изъ безчисленнаго множества прямоугольниковъ, то вычисленіе можно сдѣлать такъ: приложивъ планиметръ къ линіи AF, т. е. чтобы нить $Z'Z''$ слилась съ AF, и поставя показателя въ точку A, а стрѣлки на пули, должно катить планиметръ вверхъ, слѣдя показателемъ по AB; дойдя до точки B, катить планиметръ вверхъ, слѣдя показателемъ по BD и т. д. до точки F, тогда отсчеты по стрѣлкамъ M и H будучи помножены на 2, дадутъ искомую площадь.

Слѣдовательно этимъ планиметромъ удобно вычислять и кривыя границы, ибо онѣ будутъ обведены показателемъ.

Примѣчаніе 1. Отсчеты по стрѣлкамъ должно дѣлать въ ту сторону, какъ двигалась стрѣлка.

Примѣчаніе 2. Если за начало вычисленія будетъ принята не линія, а точка, служащая вершиною угла, то должно начинать обводъ и оканчивать его при той же точкѣ.

Примѣчаніе. Теорія планиметра.

Мы знаемъ, что при движеніи колеса по плоскости, пройденный имъ путь выразится величиною окружности на число оборотовъ колеса. Валикъ a катаясь по плоскости будетъ шестернею, придѣланною къ его оси, вращать и плоское колесо D; пусть онъ на разстояніи x обернулся m разъ, но на этомъ же протяженіи колесо D сдѣлаетъ $^2/_5$ числа оборотовъ валика a,

ибо шестерня на оси *bb* имѣетъ 32, а колесо *f* 80 зубцовъ; слѣдовательно движеніе круга D всегда будетъ пропорціонально протяженію пройденному валикомъ.

Кругъ D соприкасаясь съ окружностью *a′a′* приводитъ въ движеніе колесо N′N, но движеніе колеса N′N будетъ различное, т. е. чѣмъ оно далѣе отъ центра круга D, тѣмъ движеніе его будетъ быстрѣе и чѣмъ ближе, тѣмъ медленнѣе, такъ что если окружность *a′a′* придетъ въ центръ круга D, то движенія его не будетъ; слѣдовательно движеніе колеса N′N будетъ пропорціонально разстояніямъ окружности *a′a′* отъ центра круга D; а такъ какъ окружность *a′a′* перемѣщается по колесу D, отъ движенія показателя *m′*; слѣдовательно разстоянія окружности *a′a′* отъ центра круга D будутъ пропорціональны движенію показателя *m′*.

Предположимъ, что нить Z′Z″ совмѣщена съ линіею AA′ (чер. 383) такъ, что приведя показателя *m′* въ точку A, окружность *a′a′* совмѣстится съ центромъ круга D; передвинувъ показателя въ A′ и прокативъ инструментъ отъ A′ къ B′, колесо сдѣлаетъ какое либо число оборотовъ, соотвѣтственное разстоянію A′B′; передвинувъ показателя въ точку E, окружность *a′a′* перемѣстится далѣе отъ центра круга D; прокативъ инструментъ до F, окружность D сдѣлаетъ какое либо число оборотовъ пропорціональное разстоянію EF.

Но если совмѣстимъ показателя съ точкою A, и если при этомъ окружность *a′a′* совмѣстится съ центромъ круга D, то передвинувъ показателя въ A′ и прокативъ отъ A′ до B′ стрѣлки выразятъ площадь прямоугольника A′B′B″A. Совмѣстивъ показателя съ E и прокативъ инструментъ до F, стрѣлки покажутъ площадь прямоугольника ABFE. И такъ мы видимъ, что нужно доказать теперь, что дуги описываемые окружностію *a′a′* по кругу D будутъ пропорціональны вычисленнымъ площадямъ прямоугольниковъ; а для доказательства предположимъ, что при постановкѣ показателя въ A′, разстояніе окружности *a′a′* отъ центра круга D равно n, а прокативъ до B′ предположимъ, что число оборотовъ точки прикосновенія окружности *a′a′* съ кругомъ D будетъ m. При установкѣ показателя въ E, предполо-

жимъ, что разстояніе окружности $a'a'$ отъ центра круга D равно x, а прокативъ до F, пусть число оборотовъ точки прикосновенія будетъ равно y, то мы можемъ написать слѣдующее:

$$\left.\begin{array}{l} AA':AE=n:x \\ A'B':EF=m:y \end{array}\right\}$$ перемноживъ получимъ $\frac{AA' \times A'B'}{AE \times EF} = \frac{nm}{xy}$ и

такъ дѣйствительно дуги, описываемыя точкою прикосновенія окружности $a'a'$ съ кругомъ D пропорціональны исчисляемымъ площадямъ.

§ 117. Планиметръ Эрнста (или Лаланда).

Устройство планиметра (чер. 384).

По деревянной доскѣ AB на трехъ вертикальныхъ колесахъ движется станокъ, состоящій изъ мѣднаго конуса DD′, ось котораго поставлена такъ, что образующаяся конуса параллельна нижней плоскости доски AB. Конусъ DD′ вращается на своей оси, одинъ конецъ которой упирается въ гнѣздо подставки E, а другой въ винтъ H. Колесо F наглухо придѣлано къ оси конуса и окружностію своею лежитъ на металлической полоскѣ a, прикрѣпленной къ доскѣ AB. Полоска эта прижимается къ колесу F посредствомъ небольшаго колеса съ пружиною. Поперечная линейка MM вставляется между трехъ колесъ параллельно верхней образующей конуса. Къ ней привинчена вертикальная стойка N, къ которой прикрѣпляется счетчикъ. Нижнее колесо K счетчика лежитъ на образующей конуса. Это колесо приводится въ движеніе движеніемъ конуса; при чемъ колесо K зубцами захватываетъ за зубцы шестерни, къ оси которой придѣлана стрѣлка, движущаяся по кругу bb. На оси же K помѣщена другая шестерня въ видѣ колеса K′, на ось которой надѣта стрѣлка, движущаяся по кругу ff. Размѣръ колеса такой, что когда стрѣлка на кругѣ bb пройдетъ всю окружность, то стрѣлка на кругѣ ff только одно дѣленіе, передвигая линейку MM за рукоятку B′, колесо K будетъ двигаться по конусу и очевидно, что при одномъ и томъ же движеніи станка, показанія стрѣлокъ

будутъ различны, т. е. чѣмъ ближе къ вершинѣ конуса будетъ лежать колесо К, тѣмъ стрѣлка на кругѣ *bb* будетъ обращаться медленнѣе и напротивъ, чѣмъ ближе къ основанію конуса, тѣмъ быстрѣе.

Къ линейкѣ ММ придѣлано изъ мѣдной латуни острокопечіе *o*, называемое указатель. На линейкѣ РР съ одной стороны придѣлана роговая прозрачная и остроконечная полоска, край этой полоски долженъ (въ строгомъ смыслѣ) быть линіею перпендикулярною къ движенію конуса.

При продольномъ движеніи перемѣщается весь станокъ и конусъ, обращаясь около своей оси, приводитъ въ движеніе и стрѣлки счетчика; при поперечномъ же движеніи, стрѣлки остаются въ покоѣ, потому что нижнее колесо К счетчика скользя по конусу не обращается на своей оси. Винтъ *m*, прекращаетъ поперечное движеніе линейки ММ. Счетчикъ прикрѣпляется къ стойкѣ N винтами *h*, *h*, и когда желаютъ поставить стрѣлки на нули дѣленій, тогда приподнимаютъ счетчикъ и поворачиваютъ слегка колесо К или К′.

На верхнемъ циферблатѣ назначены два дѣленія: одно внѣшнее, другое внутреннее; какъ на одномъ, такъ и на другомъ окружность раздѣлена на 5 равныхъ частей, и каждая изъ нихъ раздѣлена на 24 мельчайшія части. Крупныя дѣленія выражаютъ десятины, а мелкія сотни квадратныхъ саженъ.

Кромѣ этого, каждая изъ мелкихъ частей подраздѣлена еще на 5 частей. Слѣдовательно наименьшая часть дѣленія означаетъ 20 квадратныхъ саженъ. На вертикальномъ же циферблатѣ окружность круга раздѣлена на 100 частей, изъ которыхъ каждая означаетъ 5 десятинъ. Нуль подписи поставленъ на лѣвомъ концѣ горизонтальнаго діаметра, а самая подпись расположена отъ нуля въ обѣ стороны, т. е. вверхъ и внизъ. Такимъ образомъ число десятковъ и пятковъ десятинъ отсчитываются на вертикальномъ циферблатѣ; а единицы (до 5) десятинъ и сотни съ десятками квадратныхъ саженей на горизонтальномъ циферблатѣ; при чемъ слѣдуетъ замѣтить, что когда стрѣлка на вертикальномъ циферблатѣ стоитъ отъ нуля

внизъ, тогда на верхнемъ циферблатѣ должно отсчитывать по внѣшней подписи, а если отъ нуля вверхъ, то по внутренней.

Изслѣдованіе.

Предъ употребленіемъ планиметра необходимо удостовѣриться: 1) плавно ли совершаются движенія: продольное и поперечное и обращеніе стрѣлокъ; 2) прикасается ли остріе указателя къ краю роговой линейки на всемъ ея протяженіи; 3) перпендикуляренъ ли край роговой линейки къ продольному движенію конуса, и 4) изслѣдовать степень точности результатовъ.

1) Для изслѣдованія перваго условія, планиметръ кладутъ на столъ и не укрѣпляя станка, двигаютъ его впередъ и взадъ, и если будетъ замѣчено что конусъ обращается не свободно, то должно въ гнѣздо оси его вращенія впустить немного масла, или немного ослабить винтъ H; потомъ укрѣпивъ станокъ, двигаютъ линейку MM, и если въ это время стрѣлка на горизонтальномъ циферблатѣ будетъ двигаться, то должно дать масла подъ колеса, находящіеся подъ линейкою MM.

2) Для повѣрки указателя *o*, надобно придвинуть счетчикъ къ вершинѣ конуса и смотрѣть, съ совершенною ли точностію оконечность указателя прикасается къ краю роговой линейки; если это не выполняется, то ослабивъ винтъ *r*, должно показателя подвинуть въ ту или другую сторону. Послѣ того, передвигаютъ за рукоятку B, указателя *o* вдоль линейки PP, и если окажется, что оконечность его не будетъ находиться возлѣ самаго края роговой пластинки, то тѣмъ означится, что этотъ край не служитъ линіею параллельною къ продольному движенію линейки MM, тогда должно ослабить винтъ *l* и поворотить линейку PP на столько, чтобы при передвиженіи указателя впередъ и назадъ, оконечность его съ строгою точностію прикасалась къ краю роговой линейки, и послѣ того винтъ *l* закрѣпить.

3) Чтобы узнать, движется ли линейка MM перпендикулярно къ направленію продольнаго движенія станка, поступаютъ

слѣдующимъ образомъ: на листѣ бумаги чертятъ тушью двѣ прямыя *ab*, *np*, (чер. 385), между собою параллельныя и третью *an*, къ нимъ перпендикулярную, потомъ планиметръ кладутъ такъ, чтобы край доски AB съ строгою точностію покрывалъ линію *np*, и потомъ подводятъ край роговой пластинки къ перпендикуляру *an*, и если онъ будетъ совершенно съ нимъ совпадать, то въ планиметрѣ нѣтъ надобности дѣлать какого-либо исправленія; если же не будетъ совпадать, то прежде чѣмъ приступать къ исправленію, надобно поставить окопечность указателя въ точку *a*, дать станку продольное движеніе впередъ, и если увидятъ, что окопечность указателя сойдетъ съ линіи *ab*, то тѣмъ означится, что или прямая *ab* начерчена непараллельно съ *np*, или, что край *Np* доски не совсѣмъ точно покрываетъ линію *np*. Послѣ того, по приведеніи слова края роговой линейки къ перпендикуляру *an*, если окажется, что онъ дѣйствительно съ нимъ не совпадаетъ, то слѣдуетъ немного ослабить винтъ *n* и поворотить на доскѣ весь станокъ (съ находящимся на немъ конусомъ и линейкою) на столько, чтобы край роговой линейки съ точностію совпалъ съ прямою *an*.

Чтобы изслѣдовать степень точности результатовъ, получаемыхъ при вычисленіи планиметромъ, то для этого, чертятъ на листѣ бумаги прямоугольникъ и дѣлятъ его на нѣсколько прямоугольниковъ такъ, чтобы площадь каждаго изъ нихъ выражала цѣлое число десятинъ, потомъ вычисляютъ планиметромъ: 1) площадь всего прямоугольника и каждой части отдѣльно, и если результаты, полученные отъ планиметра будутъ разнить-съ найденными черезъ вычисленіе, и разности будутъ пропорціональны съ величинами площадей, то слѣдовательно планиметръ имѣетъ постоянную погрѣшность, которую и надобно принимать во вниманіе при дальнѣйшемъ употребленіи планиметра

Считаю не лишнимъ сказать о тѣхъ предосторожностяхъ, которыя должно соблюдать при вычисленіи планиметромъ: столъ на которомъ лежитъ планиметръ былъ бы сколь возможно ровенъ; 2) чтобы бумага, на которой начерченъ планъ не была бы смята и была бы гладко вытянута; 3) чтобы движенія

были бы плавны, и тѣмъ медленнѣе, чѣмъ счетчикъ будетъ ближе къ основанію конуса, и наконецъ 4) чтобы край линейки и оконечность указателя подводились съ строгою точностію къ вершинѣ угла фигуры.

Употребленіе.

Бумагу, на которой начерченъ многоугольникъ, кладутъ подъ планиметръ такъ, чтобы линія, напримѣръ AF (чер. 382) была параллельна краю роговой линейки; подведя ребро линейки AF, и показателя въ точку A, и поставя стрѣлки на нули прокатываютъ станокъ до тѣхъ поръ, пока край линейки коснется точки B, (при чемъ показатель пройдетъ по A*a*); переведя показателя въ точку B, снова катятъ станокъ впередъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки D (при чемъ показатель пройдетъ линію B*b*); поставя показателя въ D, снова прокатываютъ инструментъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки E (и при этомъ показатель пройдетъ по D*f*); поставя показателя въ точку E, прокатываютъ инструментъ до точки F (при чемъ показатель пройдетъ по E*h*); передвинувъ показателя въ точку F, записываютъ показаніе стрѣлокъ. Послѣ того, поставя стрѣлки счетчика на нули, снова катятъ планиметръ вверхъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки D, переставя показателя въ точку D, снова катятъ инструментъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки B; переставя показателя въ B, опять катятъ инструментъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки A; при этомъ опять записываютъ показаніе стрѣлокъ и сумма обоихъ отсчитываній дастъ величину площади ABDEF, ибо дѣленія на циферблатахъ назначены такъ, что онѣ выражаютъ только половину измѣряемой площади.

Можно вычислять площади не отъ линіи, а отъ какой нибудь произвольной точки, но при этомъ необходимо начинать и кончать обводъ въ одной и той же точкѣ.

При опредѣленіи величины искомой площади, должно принять за правило: складывать показанія стрѣлокъ тогда, когда стрѣлка на вертикальномъ циферблатѣ будетъ находиться по обѣ стороны

нуля и вычитать меньшее показаніе изъ большаго тогда, когда стрѣлка на вертикальномъ циферблатѣ будетъ находиться въ оба раза по одну и ту же сторону нуля.

Если данная фигура ограничивается какою либо кривою линіею, то и тогда можно планиметромъ измѣрять ея площадь, ибо достаточно будетъ въ одно и то же время сообщать линейкамъ роговой и подвижной движенія такого рода, чтобы остріе указателя описывало данную кривую. По окончаніи дѣйствія, числа, показываемыя счетчикомъ выразятъ половину искомой площади; ибо вычисляемую площадь можно разсматривать состоящею изъ ряда прямоугольниковъ, имѣющихъ безконечно малыя основанія. Впрочемъ удобнѣе принимать данную кривую за ломанную линію и поступать способомъ обыкновеннымъ.

Примѣчаніе. Теорія планиметра.

Взявъ на бумагѣ прямоугольникъ ABED (чер. 386), приложимъ роговую пластинку къ линіи AD, а показателя поставимъ въ точку E, двигаемъ станокъ такъ, чтобы показатель прошелъ отъ E до D. Число десятинъ и квадратныхъ саженей, показываемое стрѣлками на циферблатахъ выразитъ половину площади прямоугольника при масштабѣ $\frac{1}{8400}$, т. е. 100 саженъ въ дюймѣ.

Разберемъ это:

Извѣстно, что путь пройденный колесомъ получится черезъ умноженіе длины окружности колеса на число оборотовъ колеса. Давъ станку планиметра продольное движеніе по линіи AB, колесо F пройдетъ линію той же длины; слѣдовательно $b = 2\Pi Rx$, гдѣ R есть радіусъ колеса F, а x число оборотовъ, откуда $x = \frac{b}{2\Pi R}$; но съ движеніемъ колеса F движется и конусъ; слѣдовательно конусъ сдѣлаетъ тоже x оборотовъ, при этомъ каждая точка, взятая на его поверхности опишетъ кругъ. Предположимъ, что при продольномъ движеніи нижнее колесо K счет-

чика лежитъ на точкѣ M (чер. 387), перпендикуляръ MM′ будетъ радіусомъ круга, описываемаго на поверхности конуса точкою соприкосновенія съ нимъ колеса K счетчика. Длина окружности этого круга будетъ 2П. MM′; слѣдовательно путь пройденный точкою M есть $a = 2\text{П}.\text{MM}'.\ x$, или $a = 2\text{П}.\text{MM}'.\ \frac{b}{2\text{ПR}}$; $a = \frac{\text{MM}'.b}{\text{R}}$.

При передвиженіи нижнее колесо счетчика перемѣщается на конусѣ, не обращаясь на своей оси. Предположимъ, что нижнее колесо K счетчика заняло мѣсто въ точкѣ m, которой разстояніе отъ Ab, очевидно будетъ равно длинѣ EB $= h$ (чер. 387). Прокативъ станокъ отъ E къ D, колесо при основаніи конуса опишетъ ту же самую линію b, а слѣдовательно колесо вмѣстѣ съ конусомъ оборотится около своей оси столько же разъ какъ и прежде, то есть $x = \frac{b}{2\text{ПR}}$. Но длина окружности конуса при точкѣ m будетъ $2\text{П}mm'.\ x$; или $a = 2\text{П}mm'.\ \frac{b}{2\text{ПR}} = \frac{mm'b}{\text{R}}$.

Но при движеніи конуса колесо K также обращается на своей оси, при чемъ длина дуги на его ободѣ будетъ одинакова съ дугою описанною точкою прикосновенія ея съ конусомъ такъ, что когда колесо счетчика находилось въ точкѣ M, то дуга имъ описанная будетъ имѣть длину a, а когда оно находилось въ точкѣ m, то длину a'. Но какъ въ оба эти раза колесо K обращалось сперва въ одну, а потомъ въ противуположную сторону, то предположимъ, что на ободѣ сего колеса замѣчены были двѣ точки соприкосновенія его съ конусомъ, одна въ то время, когда указатель находился при началѣ дѣйствія, т. е. въ вершинѣ A, а другая при совершеніи дѣйствія, т. е. когда указатель приведенъ къ вершинѣ E. Длина дуги на ободѣ сего колеса между сими двумя точками прикосновенія, которую мы означимъ черезъ n, получится черезъ вычитаніе a' изъ a и будетъ $\text{n} = a - a' = b\,\frac{\text{MM}' - mm'}{\text{R}}$ . . . . (A).

Если проведемъ прямую mf (чер. 387) параллельно къ оси конуса, то произойдетъ прямоугольный тріугольникъ mfM, въ которомъ катетъ Mf = MM′ — mm', гипотенуза mM $= h$, а уголъ

$Mmf = MpM'$, т. е. углу, составляемому осью конуса съ его образующею. Изобразивъ величину угла черезъ O, MM' черезъ P и mm' черезъ S получимъ $Mf = mM \operatorname{Sin} O$, или $P - S = h \operatorname{Sin}. O$; а слѣдовательно предшествующее уравненіе (A) обратится въ $n = \frac{b.\ h.\ \operatorname{Sin} O}{R}$.

Если сравнимъ длину дуги n (нижняго колеса K) съ длиною его полной окружности, т. е. съ $2\Pi R'$, гдѣ R' есть радіусъ колеса K, то узнаемъ сколько оборотовъ сдѣлало колесо K, такъ напримѣръ: еслибы n равнялось $2\Pi R'$, то значитъ K обратилось на своей оси одинъ разъ; также, если бы $n = \frac{1}{2}\ 2\Pi R'$, то колесо K сдѣлало лишь половину полнаго оборота. Вообще число y оборотовъ колеса K выразится отношеніемъ длины дуги n къ длинѣ полной его окружности, т. е. къ $2\Pi R'$ и такъ $y = \frac{n}{2\Pi R'}$ или $= \frac{b.\ h.\ \operatorname{Sin} O}{2\ \Pi.\ R.\ R'}$.

Предположимъ, что когда нижнее колесо K счетчика сдѣлало полный оборотъ, тогда стрѣлка циферблата пробѣжала какое нибудь число дѣленій, напримѣръ Z и такъ какъ движеніе стрѣлки пропорціонально движенію колеса K, то при y оборотахъ колеса стрѣлка пройдетъ Zy дѣленій. Изобразивъ это показаніе стрѣлки черезъ t, получимъ $t = \frac{1}{2}.\ \frac{b.h\ \operatorname{Sin} O.\ Z}{\Pi.\ R.\ R'}$. . . . (B). А такъ какъ b и h представляютъ основаніе и высоту начерченнаго на бумагѣ прямоугольника, то, если означимъ черезъ B и H длину соотвѣтствующихъ имъ линій въ натурѣ (выраженныхъ напримѣръ въ саженяхъ), а черезъ $\frac{1}{m}$ масштабъ плана, т. е. какую части эти линіи составляютъ отъ линій на мѣстности, то будетъ: $b = \frac{B}{m}$ и $h = \frac{H}{m}$, подставя эти величины въ уравненіе (B) получимъ $t = \frac{1}{2}\ \frac{Z.\ \operatorname{Sin} O.\ B.\ H}{\Pi.\ R.\ R.^1\ m^2}$. . . . (D).

Но N есть отсчитываніе показаній стрѣлки на циферблатѣ, по совершеніи всего дѣйствія, но по условію стрѣлки должны показывать половину исчисляемой площади; слѣдовательно N =

$\frac{1}{2}$ HB; или $\frac{1}{2}$ HB $= \frac{1}{2} \frac{Z.\ \mathrm{Sin}\ 0.\ B.\ H.}{\Pi.\ R.\ R.^1\ m^2}$. Сокративъ на $\frac{1}{2}$ BH получу $\frac{Z.\ \mathrm{Sin}\ 0}{\Pi.\ R.\ R^1.\ m^2} = 1. \ldots . (f)$.

Слѣдовательно изъ уравненія (D): $t = \frac{1}{2}\ lh$, т. е. показаніе стрѣлокъ выразитъ только половину исчисляемой площади.

Уравненіе F показываетъ связь между длиною радіусовъ колесъ, угломъ конуса, масштабомъ плана и числомъ зубцовъ въ колесахъ и шестерняхъ счетчика. Слѣдовательно обязанность механика заключается въ томъ, чтобы въ размѣрѣ колесъ и въ нарѣзкѣ зубцовъ соблюсти такое условіе, чтобы Z. Sin 0 = П. R. R¹. m^2. Въ планиметрахъ, изготовляемыхъ Парижскимъ механикомъ Эристомъ принимается $m = 8400$, а $Z = 96000$; окружность b раздѣляется на 600 частей; слѣдовательно при цѣломъ оборотѣ колеса K стрѣлка обойдетъ окружность циферблата 8 разъ, и такъ 96000: $(600 + 8) = 20$; слѣдовательно каждое дѣленіе есть 20 квадратныхъ сажень.

Если бы дѣйствіе планиметромъ начинали не съ точки A, а съ точки D, т. е. двигая указатель сперва отъ D къ E, потомъ отъ B къ A, то стрѣлки на обоихъ циферблатахъ пробѣжали бы то же самое число дѣленій, но только въ противуположную сторону.

Предположимъ, что требуется вычислить площадь многоугольника ABDEF (чер. 382), приложивъ планиметръ къ линіи AF и поставя показателя въ точку A, а стрѣлки на нули, катятъ станокъ вверхъ до тѣхъ поръ, пока роговая пластинка совпадетъ съ точкою B; (слѣдовательно показатель пройдетъ по Aa); передвинувъ показателя въ точку B, катятъ станокъ до тѣхъ поръ, пока роговая линейка коснется точки D (слѣдовательно показатель пройдетъ Bb); передвинувъ показателя въ точку D, прокатываютъ станокъ внизъ до тѣхъ поръ, пока роговая линейка коснется точки E, (слѣдовательно показатель пройдетъ Df); приведя показателя въ точку E, катятъ станокъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки F (слѣдовательно показатель пройдетъ Eh). При этомъ записываютъ показаніе стрѣлокъ. Приведя показателя въ точку F и поставя стрѣлки на нули, катятъ

станокъ до тѣхъ поръ, пока роговая линейка коснется точки E (слѣдовательно показатель пройдетъ Fh'); передвинувъ показателя въ точку E, катятъ станокъ до тѣхъ поръ, пока линейка коснется точки D (слѣдовательно показатель пройдетъ Ef'); передвинувъ его въ точку D, прокатываютъ станокъ такъ, чтобы линейка коснулась точки B (слѣдовательно показатель пройдетъ Db'); сдвинувъ показателя въ точку B, прокатываютъ станокъ такъ, чтобы роговая линейка коснулась точки A (слѣдовательно показатель пройдетъ Ba'); и такъ первый отсчетъ стрѣлокъ выразитъ половину площади ABDEF — AaB + BbD — DfE + EFh; а второй отсчетъ выразитъ половину площади ABDEF — FEh' + Ef'D — Db'B + Ba'A, сложивъ оба выраженія получимъ $\frac{1}{2}$ 2 ABDEF = ABDEF.

Примѣчаніе. Есть еще планиметры: 1) круговой планиметръ, Зарубина, котораго я не могъ описать по неимѣнію инструмента, и 2) планиметръ Володина, описаніе котораго есть въ отдѣльной брошюрѣ и составляетъ собственность Г. Володина.

КОНЕЦЪ.

ОТДѢЛЪ II.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Топографическая съемка.

ГЛАВА XVIII.

стран.

§ 98. Предварительныя понятія 1

§ 99. Опредѣленіе величины поправки отъ шарообразнаго вида земли и рефракціи 3

ГЛАВА XIX.

§ 100. Общія понятія о инструментахъ, употребляемыхъ при топографическомъ нивеллированіи 6

§ 101. Рейки 7

§ 102. Нивеллиръ съ діоптрами 8

§ 103. Нивеллиръ съ зрительною трубою 10

§ 104. Нивеллиръ дальномѣръ Штампфера 15

ГЛАВА XX.

§ 105. Производство топографическаго нивеллированія. 19

ГЛАВА XXI.

§ 106. Нивеллированіе впередъ. 20

§ 107. Нивеллированіе изъ средины. 21

§ 108. Составленіе профилей 24

ГЛАВА XXII.

Сложное нивеллированіе.

стран.

§ 109. Нивеллированіе впередъ 29
§ 110. Нивеллированіе изъ средины 31
§ 111. Особая метода нивеллированія помощію нивеллиръ дальномѣра Штампфера 35
§ 112. Поперечное нивеллированіе 41

ГЛАВА XXIII.

§ 113. Опредѣленіе относительныхъ высотъ точекъ помощію кипрегеля (или дальномѣра) 45

ГЛАВА XXIV.

§ 114. Опредѣленіе паденія линіи 47
§ 115. Опредѣленіе отмѣтки точки лежащей на линіи нивеллированія 48
§ 116. Опредѣленіе отмѣтки точки, лежащей внѣ линіи нивеллированія. 48
§ 117. Опредѣленіе паденія рѣки 50

ГЛАВА XXV.

§ 118. Нивеллированіе небольшихъ пространствъ 50

ГЛАВА XXVI.

Изображеніе на бумагѣ неровной мѣстности 55
§ 119. Проэкціи горизонтальныхъ сѣченій 56
§ 120. Назначеніе горизонталей нивеллирнымъ инструментомъ. 59
§ 121. Назначеніе горизонталей помощію кипрегеля (или дальномѣра) 64
§ 122. Сближеніе горизонталей 66
§ 123. Составленіе профилей по данному плану горы и по даннымъ угламъ наклоненія. 67
§ 124. Изображеніе неровностей мѣстности по системѣ Лемана 68
§ 125. Правило обозначенія скатовъ на хозяйственныхъ и военныхъ планахъ 71

ГЛАВА XXVII.

§ 126. Геодезическое нивеллированіе 72
§ 127. Опредѣленіе высоты точки надъ уровнемъ моря 82

ГЛАВА XXVIII.

Барометрическое нивеллированіе.

стран.
§ 128. Барометрическая формула 87

ГЛАВА XXIX.

§ 129. Понятіе о широтахъ и долготахъ 99

ГЛАВА XXX.

§ 130. Понятіе о картахъ 102

ГЛАВА XXXI.

§ 131. Составленіе картъ 103

ГЛАВА XXXII.

Понятіе о построеніи проэкцій или сѣтокъ 104
§ 132. Понятіе о перспективныхъ проэкціяхъ 104

ГЛАВА XXXIII.

Стереографическія проэкціи.

§ 133. Проэкція экваторіальная 107
§ 134. Проэкція горизонтальная 108
§ 135. Проэкція полярная 110

ГЛАВА XXXIV.

Проэкціи ортографическія.

§ 136. Проэкція экваторіальная 110
§ 137. Проэкція горизонтальная 111
§ 138. Проэкція полярная 111

ГЛАВА XXXV.

§ 139. Центральныя проэкціи 111

ГЛАВА XXXVI.

Произвольныя проэкціи 112
§ 140. Графическое построеніе проэкціи Арровсмидта 112
§ 141. Проэкція Ламберта 114

стран.
§ 142. Понятія о проэкціяхъ коническаго развертыванія . . . 115
§ 143. Проэкція коническаго развертыванія (конусъ касательный) 116
§ 144. Проэкція коническаго развертыванія (конусъ пересѣкаетъ сферу) 118
§ 145. Проэкція Флемстида 120
§ 146. Проэкція Бонна 120
§ 147. Краткое понятіе о проэкціяхъ Меркатора и Гаусса . . 123

ГЛАВА XXXVII.

§ 148. Понятіе о нанесеніи точекъ тригонометрической сѣти . 123

ГЛАВА XXXVIII.

§ 149. Раздѣленіе сѣти и прокладка точекъ сѣти по ихъ координатамъ 125

ГЛАВА XXXIX.

§ 150. Составленіе картъ уѣзда изъ межевыхъ плановъ . . . 126

ПРИБАВЛЕНІЕ.

ГЛАВА XL.

Лѣсная съемка.

§ 151. Понятіе о лѣсныхъ планахъ 137
§ 152. Понятіе о дѣлянкахъ или кварталахъ 139
§ 153. Назначеніе квартальныхъ просѣкъ на планѣ и въ натурѣ 140
§ 154. Подробная лѣсная съемка 143
§ 155. Назначеніе на планѣ участковъ, снятыхъ въ лѣсу и назначеніе въ лѣсу границъ участка, проэктированнаго на планѣ. 145

ГЛАВА XLI.

Рекогносцировка.

§ 156. Предварительныя понятія 146
§ 157. Измѣреніе разстояній при глазомѣрной съемкѣ 147
§ 158. Измѣреніе линій шагами 147

§ 159. Измѣреніе длины дорогъ 149
§ 160. Измѣреніе линій глазомѣромъ 151

ГЛАВА XLII.

Инструменты и способы для измѣренія угловъ при глазомѣрной съемкѣ.

§ 161. Измѣреніе угловъ глазомѣромъ 154
§ 162. Измѣреніе угловъ шагами 154
§ 163. Измѣреніе угловъ эккерами 155
Линейка Фалона 155
Линейка Нетто 158
Инструментальное измѣреніе угловъ при рекогносцировкѣ 159
§ 164. Изготовленіе бумаги для глазомѣрной съемки 160

ГЛАВА XLIII.

Производство съемки 161
§ 165. Производство съемки безъ пособія инструментовъ . . . 161
§ 166. Съемка небольшихъ участковъ помощію эккера и цѣпи 162
§ 167. Съемка буссолью 164
§ 168. Съемка мензулою 165
§ 169. Съемка маршрутовъ 166
§ 170. Описаніе къ маршруту 168

ГЛАВА XLIV.

Исчисленіе площадей плановъ помощію особыхъ инструментовъ.

§ 171. Роговой листокъ (полетка) 168
§ 172. Агрометръ Бибикова 169
§ 173. Планиметръ Лёра 172
§ 174. Линейка планиметръ Зарубина 174
§ 175. Трансформометръ 179
§ 176. Планиметръ самокатъ Зарубина 183
§ 177. Планиметръ Эрнста (или Лаланда) 188

2007098235